

**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID**

**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**



**GESTIÓN ACTIVA DE LA DEMANDA EN EL  
SECTOR SERVICIOS.  
ESTADO DEL ARTE DE LOS PROYECTOS EN  
CURSO**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**AUTOR: CARLOS JIMÉNEZ JEREZ**

**TUTOR: FERNANDO SOTO MARTOS**

**Leganés, 25 de Junio de 2013**



“Vivir no es sólo existir,  
sino existir y crear,  
saber gozar y sufrir  
y no dormir sin soñar.

Descansar, es empezar a morir.”

Gregorio Marañón (1887-1960)

Médico y escritor español.

## ÍNDICE

<b>1. Objetivos</b>	<b>7</b>
<b>2. Introducción</b>	<b>8</b>
2.1 Sector Servicios	11
<b>3. Sistema Eléctrico</b>	<b>12</b>
3.1. Generación	13
3.1.1. Generación Régimen Ordinario	14
3.1.2. Generación Régimen Especial	14
3.2. Red de Transporte	14
3.3. Red de Distribución	15
3.4. Interconexiones	16
3.5. Datos Sistema Peninsular año 2012	17
3.6. Consumo	19
3.7. Sector Servicios en el Sistema Eléctrico	20
<b>4. Demanda Energía Eléctrica</b>	<b>21</b>
4.1. Curva Demanda Eléctrica en España	21
4.2. Ciclos Curva Demanda	24
4.3. Evolución Demanda Eléctrica en España	26
4.4. Previsión Demanda Eléctrica	30
4.5. Demanda Eléctrica Sector Servicios	31
4.6. Marco Regulatorio en España	32
<b>5. Gestión Activa de la Demanda</b>	<b>34</b>
5.1. Gestión Activa de la Demanda Sector Servicios	39
<b>6. Estado del arte de los proyectos en curso</b>	<b>43</b>
6.1. GAD	44
6.2. e-DIANA	49
6.3. FENIX	53
6.4. BeyWatch	55
<b>7. Modelo de Implantación Real (en España)</b>	<b>59</b>
7.1. Caso Base Oficina	63
7.2. Caso GAD Oficina	70
<b>8. Conclusiones</b>	<b>76</b>
<b>9. Bibliografía</b>	<b>77</b>

### Tabla de Ilustraciones

<u>Figura 1. Detalle de la estructura de generación en tiempo real, 18/03/2013 .....</u>	<u>8</u>
<u>Figura 2. Demanda de energía eléctrica en tiempo real, 18/03/2013 .....</u>	<u>9</u>
<u>Figura 3. Evolución demanda de electricidad por intervalos, 09/02/2013 a 12/02/2013.....</u>	<u>9</u>
<u>Figura 4. Distribución energía eléctrica por sectores .....</u>	<u>11</u>
<u>Figura 5. Subestación de transporte .....</u>	<u>12</u>
<u>Figura 6. Esquema del sistema eléctrico peninsular .....</u>	<u>13</u>
<u>Figura 7. Evolución de la red de transporte para redes menores o iguales a 220 kV y para redes de 400 kV, en España .....</u>	<u>15</u>
<u>Figura 8. Distribuidores de energía eléctrica en España .....</u>	<u>16</u>
<u>Figura 9. Funciones de las interconexiones internacionales.....</u>	<u>17</u>
<u>Figura 10. Consumo horario de energía eléctrica en un día de invierno por sectores.....</u>	<u>19</u>
<u>Figura 11. Distribución del consumo de electricidad por sectores económicos. Año 2005.....</u>	<u>19</u>
<u>Figura 12. Ejemplo evolución de la demanda eléctrica en España .....</u>	<u>21</u>
<u>Figura 13. Demanda energía eléctrica Lunes 09/07/2012 .....</u>	<u>22</u>
<u>Figura 14. Demanda energía eléctrica Lunes 14/01/2013 .....</u>	<u>22</u>
<u>Figura 15. Perfiles de la demanda eléctrica. Año 1997.....</u>	<u>23</u>
<u>Figura 16. Ejemplo de la variabilidad diaria de los datos de demanda eléctrica.....</u>	<u>23</u>
<u>Figura 17. Distribución diaria horas punta y valle Invierno Verano .....</u>	<u>24</u>
<u>Figura 18. Ciclo semanal de la demanda eléctrica comprendida entre el 21 de Enero y el 27 de Enero de 2013 .....</u>	<u>24</u>
<u>Figura 19. Ciclo mensual de la demanda de los meses de Febrero y Marzo de 2013 .....</u>	<u>25</u>
<u>Figura 20. Efecto huelgas generales en España en la previsión de la demanda .....</u>	<u>26</u>
<u>Figura 21. Evolución del crecimiento anual de la demanda de energía eléctrica en b.c. (%) ..</u>	<u>26</u>
<u>Figura 22. Evolución del PIB y de la demanda eléctrica.....</u>	<u>27</u>
<u>Figura 23. Evolución anual PIB y demanda energía eléctrica últimos años (%)......</u>	<u>28</u>
<u>Figura 24. Evolución mensual de la demanda de energía eléctrica en b.c. (GWh) .....</u>	<u>29</u>
<u>Figura 25. Evolución del crecimiento anual de la demanda en b.c. (%).....</u>	<u>29</u>
<u>Figura 26. Evolución de la demanda de electricidad de grandes consumidores en el sector servicios .....</u>	<u>30</u>
<u>Figura 27. Evolución de la demanda eléctrica española en los últimos años .....</u>	<u>31</u>
<u>Figura 28. Evolución del Consumo Energético del Sector Servicios, 1990-2008 .....</u>	<u>31</u>
<u>Figura 29. Evolución del consumo de energía final por sectores .....</u>	<u>32</u>
<u>Figura 30. Finalidad de la aplicación de la Gestión Activa de la Demanda sobre la curva de demanda eléctrica en España.....</u>	<u>35</u>

<b><u>Figura 31. Esquema arquitectura y uso de las TICs proyecto GAD</u></b> .....	<b>45</b>
<b><u>Figura 32. Esquema operación proyecto GAD</u></b> .....	<b>46</b>
<b><u>Figura 33. Esquema comunicaciones entre agentes proyecto GAD</u></b> .....	<b>47</b>
<b><u>Figura 34. BeyWatch concepto beneficios usuario y medioambiente</u></b> .....	<b>56</b>
<b><u>Figura 35. BeyWatch Arquitectura y Relación jerárquica entre agente</u></b> .....	<b>57</b>
<b><u>Figura 36. Consorcio participantes BeyWatch</u></b> .....	<b>58</b>
<b><u>Figura 37. Clasificación de eficiencia energética de electrodomésticos y comparación respecto al consumo medio.</u></b> .....	<b>63</b>
<b><u>Figura 38. Caso Actual Oficina: Curva Demanda Eléctrica</u></b> .....	<b>67</b>
<b><u>Figura 39. Horario periodos TUR con discriminación horaria en tres periodos tarifarios</u></b> .....	<b>68</b>
<b><u>Figura 40. Caso GAD Oficina: Curva Demanda Eléctrica</u></b> .....	<b>73</b>
<b><u>Figura 41. Curva Demanda Eléctrica Comparativa Caso Base frente Caso GAD</u></b> .....	<b>75</b>

## Tablas

<b><u>Tabla 1. Evolución y crecimiento anual de la demanda eléctrica</u></b> .....	<b>28</b>
<b><u>Tabla 2. Componentes de variación de la demanda en b.c. 2012/2013</u></b> .....	<b>28</b>
<b><u>Tabla 3. Ejemplo de distribución del consumo por usos en un hotel</u></b> .....	<b>41</b>
<b><u>Tabla 4. Caso Actual Oficina: Equipos, cantidad y potencia</u></b> .....	<b>65</b>
<b><u>Tabla 5. Caso Actual Oficina: Consumo energético por equipo (KWh)</u></b> .....	<b>66</b>
<b><u>Tabla 6. Tarifas TUR mercado eléctrico español</u></b> .....	<b>68</b>
<b><u>Tabla 7. Caso Base Oficina: Estudio económico y evolución energética horaria Tarifa A</u></b> .....	<b>69</b>
<b><u>Tabla 8. Caso Base Oficina: Estudio económico y evolución energética horaria Tarifa B</u></b> .....	<b>69</b>
<b><u>Tabla 9. Caso GAD Oficina: Modificaciones y costes de adquisición</u></b> .....	<b>71</b>
<b><u>Tabla 10. Caso GAD Oficina: Consumo energético por equipos</u></b> .....	<b>72</b>
<b><u>Tabla 11. Caso GAD Oficina: Estudio económico y evolución energética horaria Tarifa A</u></b> .....	<b>74</b>
<b><u>Tabla 12. Caso GAD Oficina: Estudio económico y evolución energética horaria Tarifa B</u></b> .....	<b>74</b>
<b><u>Tabla 13. Resumen económico del modelo después de aplicar la GAD</u></b> .....	<b>74</b>
<b><u>Tabla 14. Ahorro mensual respecto al caso base y tiempo de amortización</u></b> .....	<b>74</b>

## 1. OBJETIVOS

---

El objetivo principal del presente trabajo fin de grado es el estudio de las características de la Gestión Activa de la Demanda y su introducción en el sistema eléctrico español, a fin de analizar la conveniencia de su implantación mediante el análisis de proyectos de carácter nacional e internacional, en los que se realice una gestión activa de la demanda en el sector servicios.

Por tanto, estos proyectos se estudiarán para conocer cómo se implantaron y la repercusión que tuvieron en la curva de la demanda eléctrica y en el sistema eléctrico en general. Se revisará el estado del arte de proyectos finalizados y de proyectos que están en curso, a fin de encontrar soluciones e ideas innovadoras que potencien el ahorro energético de los edificios.

Además, el objetivo secundario del proyecto también se basa en el análisis del estado actual de la curva de la demanda de energía eléctrica en España, analizando los factores que marcan la tendencia con la que evoluciona para poder conocer y mejorar la eficiencia energética del sistema. Para ello, se ha diseñado un modelo de implantación real del modelo de la Gestión Activa de la Demanda en el sector servicios, en donde se analizarán los efectos energéticos y económicos comparando un edificio de oficinas con equipos electrodomésticos y hábitos de consumo tradicionales, con otro modelo en el que se aplican medidas energéticas basadas en la Gestión Activa de la Demanda e introduciendo nuevos equipos de bajo consumo en ese mismo edificio como medida de ahorro energético.



## 2. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el número de proyectos cuyo fin es realizar una gestión y uso responsable de la energía, para así poder limitar las emisiones contaminantes a la atmósfera y beneficiar al sistema eléctrico en general, ha aumentado ostensiblemente. Un concepto que se ha ido introduciendo con el desarrollo de estos proyectos es el de la gestión activa de la demanda, ya que es un modelo que trata de impulsar una serie de reformas en el consumo para lograr una distribución temporal más eficiente de la energía eléctrica. Con ello, se tratará de favorecer positivamente al sistema en lo que se refiere a eficiencia y ahorro energético, incluyendo también costes no despreciables, si se instala una infraestructura de comunicaciones y control para automatizar el proceso de la gestión activa de la demanda.

Predecir la evolución en tiempo real de la demanda y evaluar los efectos de estos cambios es bastante complicado. La gestión de la demanda eléctrica trata a día de hoy, promover la implementación de equipos de bajo consumo, teniendo en cuenta que el usuario también debe hacer un uso más eficiente de los mismos, con tal de llevar a cabo políticas de ahorro y eficiencia energética que son consideradas como el futuro de la energía eléctrica.

Todas estas variables (como los impactos que provoca la evolución de la demanda y los costes que ello implica) varían en el tiempo, por lo que consumir de forma más eficiente no sólo supone reducir el consumo, sino gestionar el consumo en tiempo real.

Por ello, se han ideado numerosos planes relacionados con esta política de consumo y cada uno de ellos puede ser diferente ya que buscan objetivos a corto y medio plazo diferentes, pero todos intentan introducir la esencia de proporcionar incentivos a los consumidores para que haya una concienciación masiva para reducir puntualmente parte de su carga, de forma que resulte favorable para el sistema eléctrico. Con esto, lo que se trata de conseguir es linealizar o allanar la curva de demanda actual ya que tendría la inmediata consecuencia de provocar una disminución de la demanda en horas punta, contrarrestada por un aumento de la demanda en horas valle gracias a la adecuación del consumo de determinados aparatos o electrodomésticos en estas horas valle.

A continuación, se muestran una serie de gráficas para conocer el estado actual de la demanda energética en España.

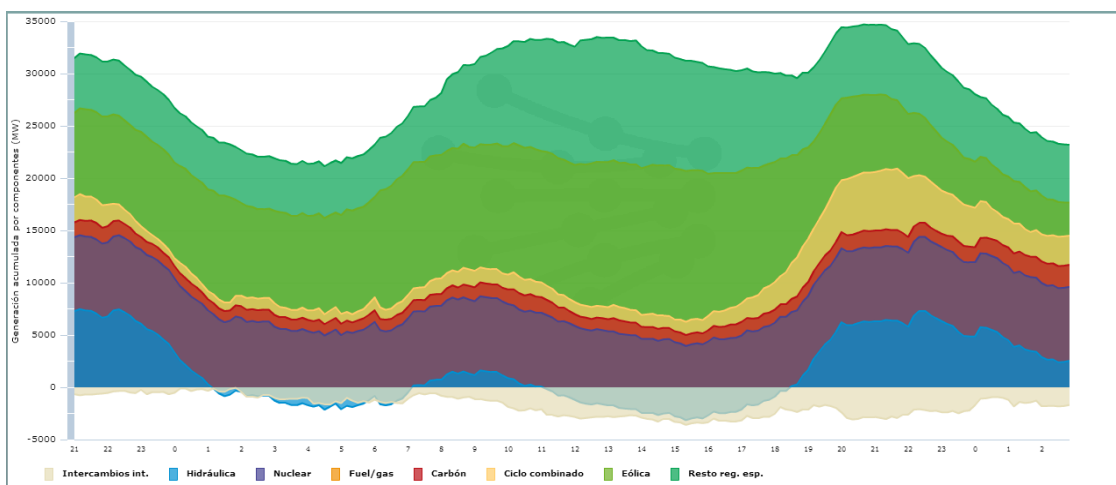
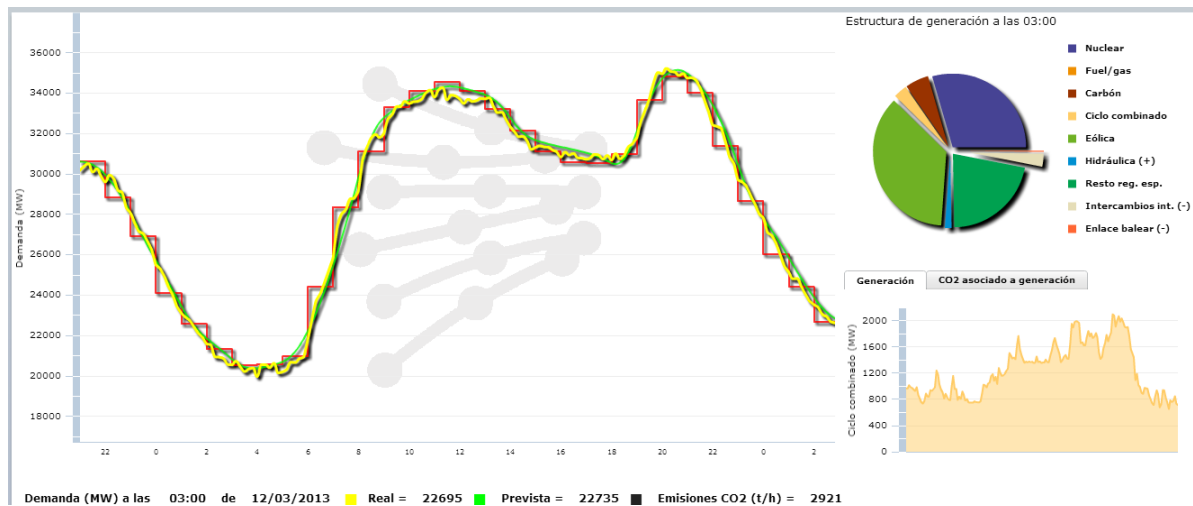
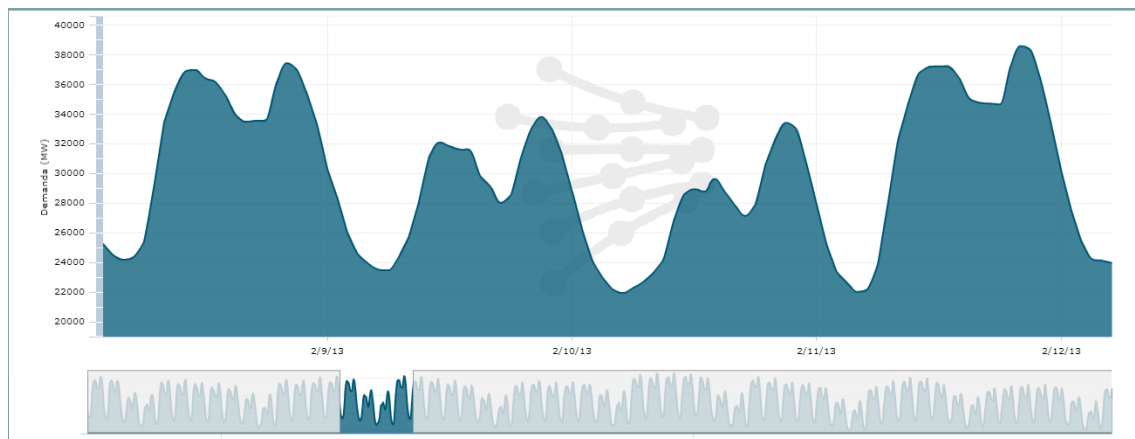


Figura 1. Detalle de la estructura de generación en tiempo real, 18/03/2013. Fuente REE



**Figura 2. Demanda de energía eléctrica en tiempo real, 18/03/2013. Fuente REE**



**Figura 3. Evolución demanda de electricidad por intervalos, Viernes 09/02/2013 a Lunes 12/02/2013. Fuente REE**

La figura 1 y la figura 2 representan la distribución energética según los distintos tipos de tecnologías que permiten producir la energía eléctrica a lo largo del día y el comportamiento típico de la curva de demanda en España. Estas imágenes hacen referencia a la característica típica del sistema eléctrico español, diferenciada claramente por tener intervalos de horas punta (alto consumo, cotas superiores de energía eléctrica) y horas valle (bajo consumo, cotas mínimas o decrecientes de energía eléctrica).

La figura 3 muestra la evolución diaria de la demanda a lo largo de los días, semanas o meses. Cabe destacar, como la curva varía según el día de la semana. Se ha elegido mostrar la evolución de la curva desde un viernes laborable a un lunes laborable pasando por los días del fin de semana sábado y domingo, para así poder apreciar cómo evoluciona y por qué. Los hábitos de consumo cambian radicalmente tratándose de un día o de otro, por lo que la Gestión Activa de la Demanda debe adecuar su política de consumo a cada situación.

Por tanto, como los sistemas eléctricos están cada vez más congestionados, la implantación y desarrollo de redes más “inteligentes”, y la mayor penetración de generación renovable que favorece el medio ambiente, hace que sea posible llevar a cabo una gestión de la demanda óptima, aunque a día de hoy la mayoría de las viviendas o edificios del sector servicios no están preparados para una gestión automatizada del consumo.

Como factor importante a tener en consideración, aparte de desarrollar nuevas tecnologías e implantar los equipos en un nuevo sistema, la sociedad es una parte esencial en este concepto, ya que si todas las personas se comprometiesen a seguir el plan de la Gestión Activa de la Demanda, se conseguiría una mayor concienciación medioambiental, y un mejor uso de los recursos para lograr así los objetivos que persigue este plan. Todo ello, debe estar motivado mediante la obtención de unos determinados beneficios a modo de incentivo para el consumidor.

En este sentido, este trabajo se centra en analizar la gestión del consumo eléctrico del sector servicios por medio de contadores-controladores de carga automáticos instalados en cada establecimiento o edificio, y en una automatización y coordinación en los equipos que permita un consumo eficiente. Estos gestores de carga recibirían el precio de la energía eléctrica en tiempo real y, según algunas consignas o acuerdos establecidos por el usuario y la compañía, adaptarían el consumo de los electrodomésticos o aparatos eléctricos para minimizar el coste.

Para ello, hay que seleccionar qué tipos de aparatos pueden ser gestionables con una mayor o menor flexibilidad de uso, dando prioridad según este criterio a los elementos que más consumen pero que puedan ser prescindibles en algún determinado momento o ajustables a adaptar su utilización a un horario fijo determinado que no será otro que aquellas horas de menor consumo.

Hay que analizar la curva de demanda como la cantidad de potencia demandada por los clientes. En España existe una gráfica característica en la que se aprecia la evolución del consumo en la península ibérica por unidad de tiempo. Esta curva tiene distintas formas dependiendo de la estacionalidad, la temperatura y la situación económica. Por lo que dependiendo del tipo de empresa o sector y la situación en la que se encuentren, se tendrá que ajustar más o menos el uso de los dispositivos.

Por tanto, se tienen que evaluar los costes y los beneficios del esquema de la Gestión Activa de la Demanda (GAD) propuesto desde el punto de vista social; y por otro, evaluar la distribución de estos costes y beneficios entre los distintos agentes participantes.

En todos los casos, los costes y beneficios se evalúan comparando una situación sin GAD con la situación que resultaría si se aplicaran las medidas de gestión activa de la demanda, comparando la rentabilidad que ofrecen por el servicio prestado.

En un principio, lo que se trata es de evaluar la respuesta previsible del consumidor ante una exposición a precios horarios de la electricidad. A partir de la respuesta del consumidor, se estiman los cambios en la demanda agregada del sistema, y mediante modelos software de simulación apropiados, se ajustan los procesos de uso y se determinan las consecuencias de estos cambios de demanda tanto en el sistema de generación como en el sistema de distribución.

Finalmente, se añadirían los costes y beneficios de los agentes, en función del tipo de análisis a realizar y el grado de participación de estos.

Para la evaluación de los costes y beneficios del sistema y del usuario, es necesario determinar cuáles son dichos beneficios de manera que se evite la sobreestimación de los mismos, dando lugar a desequilibrios que hagan inviable el modelo. Por tanto, de esta forma hay que tener especial cuidado en no agregar los beneficios del cliente a los beneficios del sistema de generación y de distribución. Por lo que para analizar la distribución de los beneficios se realiza una evaluación independiente para cada agente.

Es sabido que la demanda de energía eléctrica crece continuamente, sufriendo variaciones a lo largo de los años. España presenta un crecimiento superior al de la media europea, por lo que existen varios problemas a resolver para implantar la Gestión Activa de la Demanda:

- Técnicos.
- Sociales.
- Regulatorios.

Todos estos problemas o barreras se han estudiado en numerosos programas o proyectos nacionales e internacionales para poder implantar la gestión activa de la demanda en los sistemas eléctricos de los países más desarrollados. Cada proyecto se ha centrado en diversas opciones o sucesos puntuales para optimizar cada caso. Con ello, lo que se trata es de promover e impulsar un plan de ahorro energético para hacer más fiable y aprovechable el sistema de generación y distribución de cada sistema eléctrico.

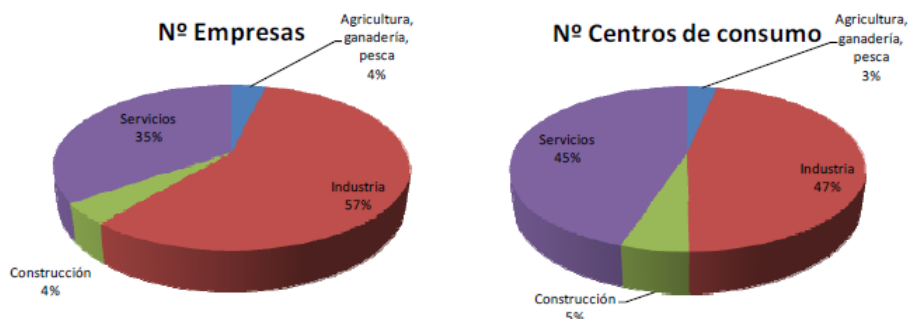
Para ello, se examinan los hábitos de consumo, características técnicas y predisposición inicial de los usuarios para implantar la GAD en el sector servicios, cuya participación en la demanda es relevante y permitiría generalizar el concepto a los demás sectores energéticos e industriales.

## 2.1 SECTOR SERVICIOS

El sector servicios, también conocido como sector terciario, es uno de los tres grandes sectores en los que se dividen las actividades económicas.

El sector servicios en nuestro país muestra crecimientos del consumo energético más importantes que el sector residencial, en torno al 10% anual, por lo que es un crecimiento significativo a tener en cuenta. Como elementos significativos en la demanda de estos edificios, se encuentra la climatización como el principal responsable, y en menor medida la iluminación.

Con información a 31 de diciembre de 2011, el número de centros de consumo vigentes (CUPS) era de 20.583 correspondientes a 12.861 empresas, lo que supone una media de 1,6 puntos de consumo por empresa. La distribución por sectores del número de empresas refleja un mayor peso a las actividades industriales 57%, seguida del sector servicios con un 35%, quedando las actividades agrarias-ganaderas y la construcción con un peso del 4% respectivamente.



**Figura 4. Distribución energía eléctrica por sectores. Fuente REE**

Cabe destacar, que los consumidores del sector servicios están menospreciados al suponer casi una cuarta parte del consumo mientras que en la economía representa el 63%.

Todo esto invita a hacer un estudio de lo que implicaría la Gestión Activa de la Demanda en el Sector Servicios y el conocimiento del estado del arte de los proyectos relacionados.

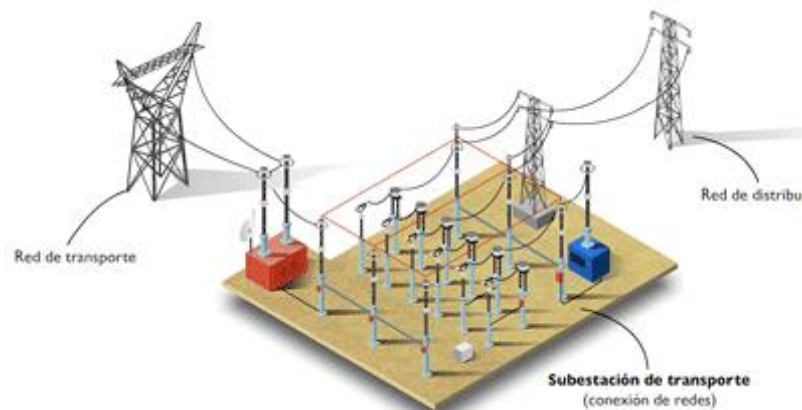
### 3. Sistema Eléctrico

Un sistema eléctrico se puede definir como el conjunto de elementos y aparatos que operan de forma coordinada en un determinado territorio para satisfacer la demanda de energía eléctrica de los consumidores cumpliendo con unos determinados requisitos tanto de seguridad como de calidad.

El principal objetivo de los sistemas eléctricos de potencia es el suministro eficaz de la energía eléctrica desde las centrales en las que ésta se genera hasta el consumidor final.

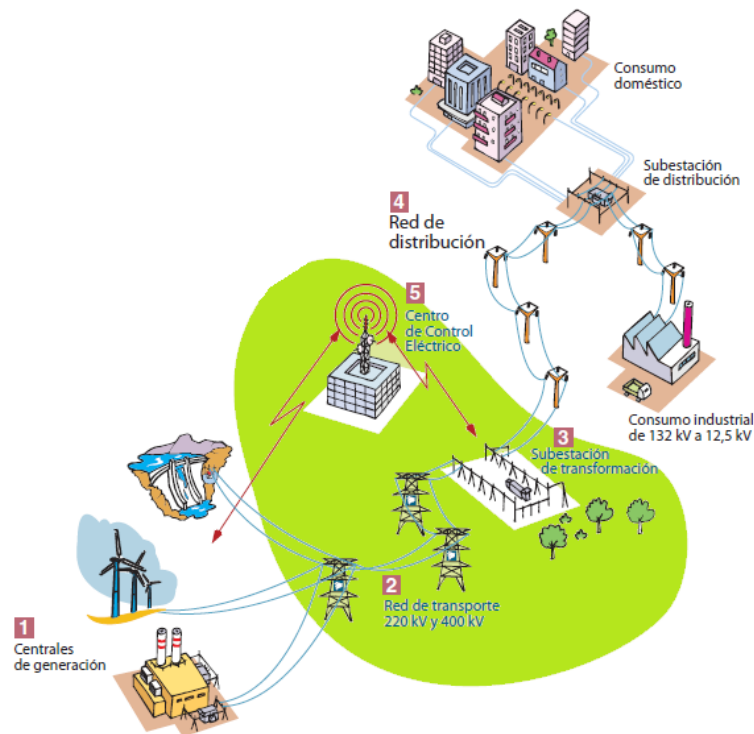
Los sistemas eléctricos suelen estar formados normalmente por los siguientes elementos:

- Centros o plantas de generación: donde se produce la electricidad (cada grupo generador está asociado a un transformador de potencia de central o “generator step-up” (GSU), que eleva las tensiones a 132, 220, 400 kV, lo que se conoce como Muy Alta Tensión (MAT) o Alta Tensión (AT)).
- Líneas de transporte: encargadas de la transmisión de la energía en largas distancias con los niveles de tensión indicados anteriormente 132, 220, 400 kV.
- Subestaciones de interconexión o transporte: que realizan el mallado de la red entre los niveles de tensión propios del transporte de la energía (tienen asociados unos (Auto) Transformadores de interconexión (MAT/AT, transformación MAT/MAT, MAT/AT).
- Líneas de reparto: a medida que se acerca el usuario final, se reducen las tensiones a niveles más bajos, llamadas tensiones de reparto (66-45 kV), en las que ya se conectan algunos grandes clientes industriales, y que constituyen la alimentación del siguiente elemento.



**Figura 5. Subestación de transporte. Fuente REE**

- Subestaciones de distribución: (AT/MT) por medio de las cuales se realiza la distribución de la energía eléctrica a través de las redes de media tensión (25-20-15 kV), y están constituidas por transformadores de potencia (AT/MT).
- Líneas de distribución: sirven para realizar el mallado del sistema eléctrico permitiendo la distribución de la energía eléctrica a través de las redes de media tensión (25-20-15 kV).
- Centros de transformación: constituidos por Transformadores de distribución (MT/BT), que permiten la adecuación final del nivel de tensión hasta los niveles propios de utilización en baja tensión (400/230 V) utilizados por los usuarios.
- Consumidor final: usuarios o clientes de BT (400/230 V).



**Figura 6. Esquema del sistema eléctrico peninsular. Fuente REE**

En la figura 5, se puede observar cómo se realiza el escalonamiento de tensión a través de la subestación de transporte, que sirve como interconexión entre las líneas de transporte y distribución.

La figura 6 representa el funcionamiento básico del sistema eléctrico español. Desde los puntos de generación de energía eléctrica transformada en alta tensión, se transporta a través de las instalaciones eléctricas hasta los centros de consumo.

A continuación, se analizarán cada uno de los elementos más significativos dentro del sistema eléctrico:

### 3.1 GENERACIÓN

La electricidad se genera a partir de la transformación de los distintos tipos de recursos energéticos de origen primario, cuyo origen varía dependiendo si son de origen renovable o fósil como el carbón o el gas natural.

Una central eléctrica, es una instalación capaz de transformar alguna clase de energía mecánica, química, térmica o luminosa (entre otras), en energía eléctrica, a partir de una fuente de energía primaria, que normalmente hace girar una turbina, la cual se encarga de transformar el calor o movimiento producido en energía mecánica, para así hacer girar un alternador que genere la electricidad.

Dentro de las centrales de generación, existen numerosas diferencias entre las distintas capacidades de producción de energía según qué tipo de central, y en sus emisiones de CO<sub>2</sub>, como consecuencia de la diferencia de los rendimientos de las mismas, y fundamentalmente por el combustible o recurso empleado para la generación de energía eléctrica.

Como consecuencia de ello, entre otros motivos, se ha llevado a cabo una distinción entre dos tipos de generación: generación en régimen ordinario y generación en régimen especial.

### 3.1.1 Generación en régimen ordinario

En régimen ordinario se incluyen las centrales de tipo carbón, ciclo combinado, fuel-gas, hidráulica y nuclear. Su producción de energía es mayor que la producida por las de régimen especial, pero su contaminación también es mayor, exceptuando a la hidráulica y nuclear que no producen emisiones de CO<sub>2</sub>.

### 3.1.2 Generación en régimen especial

En esta categoría se “recoge la generación de energía eléctrica en instalaciones de potencia no superior a 50 MW que utilicen como energía primaria energías renovables o residuos, y aquellas otras como la cogeneración que implican una tecnología con un nivel de eficiencia y ahorro energético considerable” [3]. **Ministerio de Industria Energía y Turismo**

Por último, a la hora de hablar de generación es importante diferenciar los términos de potencia instalada y energía producida. La potencia instalada es la cantidad de energía eléctrica que se podría producir si estuvieran funcionando, a pleno rendimiento, todas las centrales eléctricas disponibles. Mientras que la energía producida es la energía real producida por las centrales eléctricas en un determinado periodo de tiempo ya sean días, semanas, meses o años.

## 3.2 RED DE TRANSPORTE

Formada por los elementos necesarios para poder llevar la energía eléctrica, desde las centrales eléctricas hasta los puntos de consumo.

La red de transporte está regulada en España por Red Eléctrica de España (REE), entidad encargada de gestionar la disponibilidad de energía a los consumidores en todo momento, garantizar una calidad de servicio en el suministro de esta energía, y de que ésta llegue al consumidor con las menores pérdidas energéticas posibles para un correcto mantenimiento del sistema. Red Eléctrica de España ejerce la función del denominado Operador del Sistema que también se encarga de desarrollar, ampliar y perfeccionar la red eléctrica nacional para alcanzar los objetivos citados anteriormente.

Esta gestión de la red de transporte se realiza a través del Centro de Control Eléctrico de Red Eléctrica (CECOEL), que supervisa y comprueba todos los flujos de energía eléctrica que se producen en España.

Para conseguir este transporte, la red española se encuentra altamente mallada, y se encuentra en continuo aumento y mejora de la misma, para poder mejorar de este modo el suministro eléctrico.



### Evolución de la red de transporte en España

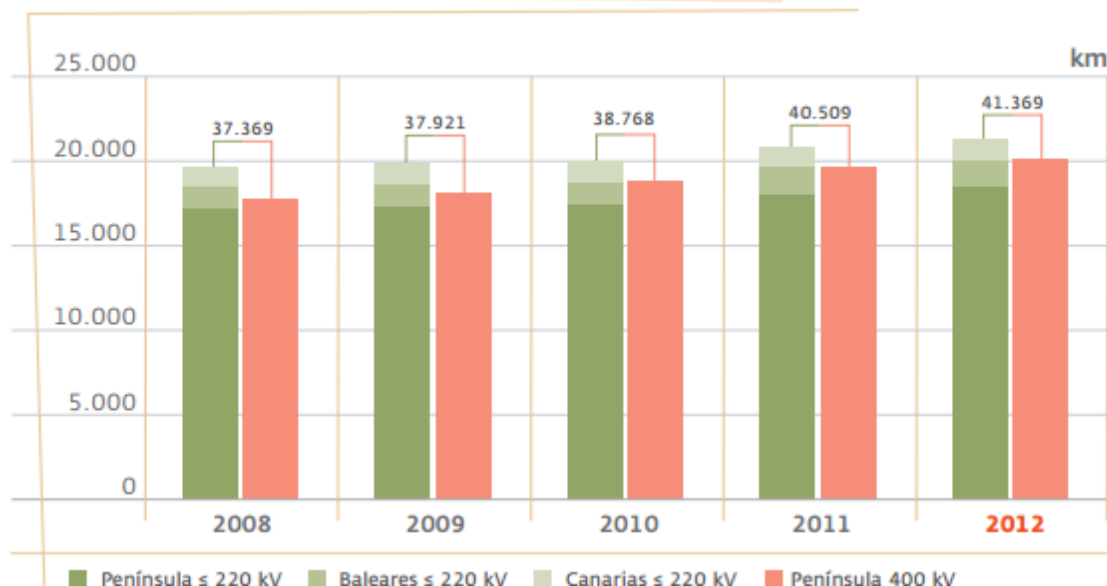


Figura 7. Evolución de la red de transporte para redes menores o iguales a 220 kV y para redes de 400 kV, en España. Fuente: REE.

### 3.3 RED DE DISTRIBUCIÓN

Compuesta por un elemento característico e importantísimo en la gestión y distribución de la energía eléctrica:

**SUBESTACIONES** → Instalaciones destinadas a dirigir el flujo de energía eléctrica, en un punto de la red en el cual confluyen líneas y transformadores. Las subestaciones también incorporan en su interior equipos que aportan protección y control sobre el sistema eléctrico. Todo ello, para efectuar el correcto escalonamiento de los diferentes niveles de tensión con la finalidad de garantizar el suministro final de energía y una disminución de las pérdidas en la red de transporte.

Por su importancia estratégica en el sistema eléctrico, su complejidad y el coste asociado a los equipos que contiene, se podría concluir que las subestaciones son las instalaciones cuya adecuada gestión es más relevante dentro de las redes eléctricas.

Las principales funciones de una subestación dentro de los sistemas eléctricos son:

- **SEGURIDAD:** permiten aislar el sistema eléctrico de zonas donde se hayan producido faltas como pueden ser fallo de los elementos aislantes de las instalaciones, cortocircuitos a tierra en el sistema eléctrico o descargas atmosféricas (rayos), limitando por tanto el riesgo para personas e instalaciones.
- **EXPLOTACIÓN:** permiten dirigir los flujos de energía de forma excelente, minimizando las pérdidas y favoreciendo el mantenimiento de las instalaciones y los equipos.
- **INTERCONEXIÓN:** escalonando los distintos niveles de tensión y garantizando la seguridad en el suministro mediante un adecuado mallado de la red eléctrica.

Esta función la realizan grandes empresas distribuidoras, que tienen asignadas zonas de operación que les pertenecen a la hora de explotar la red, y por tanto, conllevan grandes responsabilidades y cuya importancia es vital.



A continuación, se muestran las distintas empresas distribuidoras en el territorio español:



**Figura 8. Distribuidores de energía eléctrica en España. Fuente: Apuntes Julio Usaola UC3M.**

### 3.4 INTERCONEXIONES

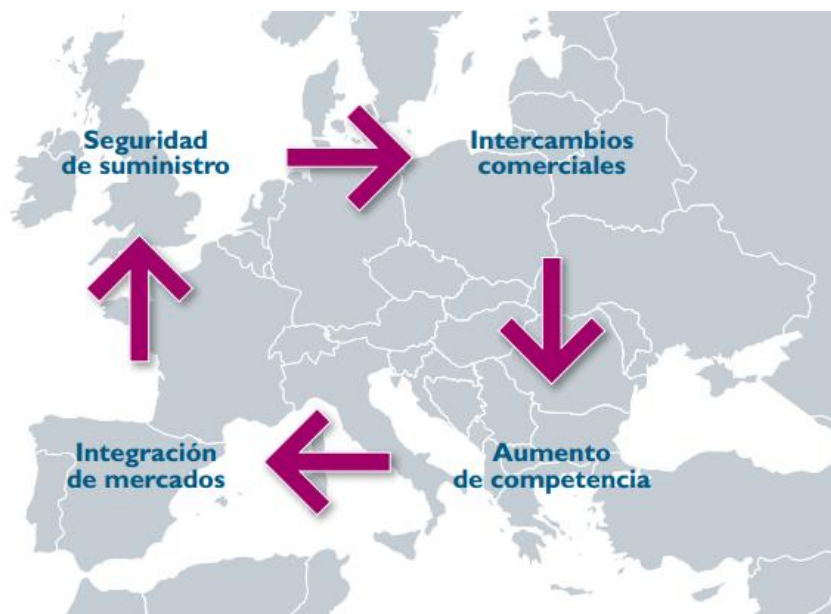
Las variables físicas más importantes de un sistema eléctrico son la tensión y la frecuencia, que deben ser estables para cada sistema, y por otra parte, hay que tener en cuenta la carga o consumo, expresada en términos de potencia o de intensidad de corriente (siendo la intensidad inestable ya que depende del consumo o carga que es variable en el tiempo).

Los sistemas eléctricos están interconectados entre sí ya que estas interconexiones proporcionan estabilidad y seguridad a dichos sistemas.

La interconexión entre sistemas eléctricos permite garantizar el suministro eléctrico en un determinado territorio cuando un sistema en concreto no puede generar energía suficiente para cubrir la demanda en tiempo real. Esto sucede cuando se produce una punta extraordinaria e imprevista de consumo (p.e. una ola de calor), cuando algún o algunos centros de producción dejan de estar operativos temporalmente y no suministran energía a su propio sistema.

Por este motivo, cuanto más interconectados estén los sistemas eléctricos y mayor sea su capacidad de intercambio de energía, mayor será también la seguridad y calidad de servicio que proporcionen.

El sistema eléctrico español está interconectado con los sistemas más próximos territorialmente que son: el portugués (conformando así el sistema eléctrico ibérico, MIBEL), el europeo a través de la frontera con Francia y el del norte de África a través del estrecho de Gibraltar.



**Figura 9. Funciones de las interconexiones internacionales. Fuente REE**

En la actualidad el sistema eléctrico español no alcanza el nivel mínimo de capacidad de intercambio comercial entre sistemas recomendado en Europa (que debe ser de un 10%), ya que su capacidad comercial representa solo un 3 % de la capacidad de producción instalada en España. El refuerzo de las interconexiones con el resto de sistemas colindantes constituye, por tanto, una de las inversiones más importantes que se deben realizar en los próximos años con tal de equipar al sistema eléctrico español de mayor fiabilidad y seguridad de operación, para completar así el gran esfuerzo económico realizado a nivel interno.

Además, debido a la posición geográfica de España, las posibilidades de interconexión con el resto de Europa son muy limitadas. El hecho de que solamente exista la interconexión con Francia, que permite intercambiar energía con el resto de países de la Unión Europea (excepto con Portugal), junto con la escasa capacidad de intercambio entre España y Francia por esta interconexión, hace que la península Ibérica se pueda denominar como una 'isla eléctrica', estando en clara desventaja competitiva con el resto de mercados eléctricos.

### 3.5 Datos sistema peninsular AÑO 2012

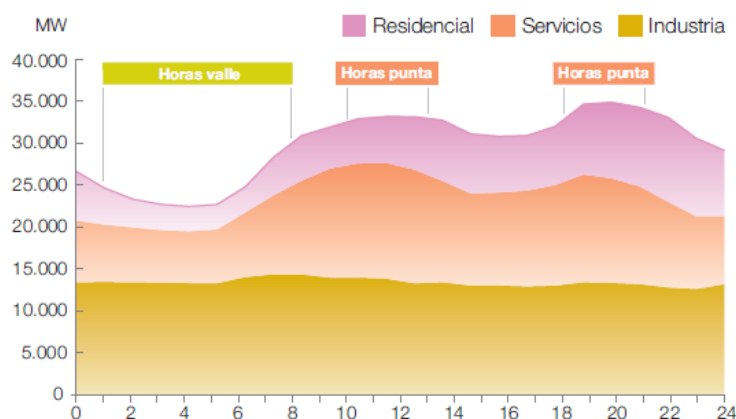
- La demanda anual peninsular de energía eléctrica se situó en 2012 en 252.191 GWh, siendo inferior que el año anterior 2011, en un 1,2%. Además, estos datos están corregidos teniendo en cuenta los fenómenos de laboralidad y la temperatura, así como el efecto del día adicional que tuvo el 2012 por ser un año bisiesto (366 días), el descenso se situó en un 1,8%.
- Los puntos máximos anuales de demanda de potencia media horaria y de energía diaria se alcanzaron respectivamente el 13 y 8 de febrero con 43.010 MW y 873 GWh, siendo ambos inferiores en un 4,2% y 3,7% respectivamente, respecto a los máximos históricos registrados en el 2007.
- La potencia instalada total peninsular se situó al finalizar el año en 102.524 MW, 2.356 MW más que en 2011. Se trata de un aumento significativo de la potencia instalada aunque la demanda de energía permanezca constante ya que esta variación de potencia proviene principalmente de nuevas infraestructuras de origen renovable (1.122 MW de eólica, 968 MW de tecnologías solares y 192 MW de hidráulica).

- El nivel de producción hidráulico se situó alrededor de los 12.800 GWh, un 46% de su valor histórico medio.
- Respecto a la cobertura total de la demanda según el tipo de tecnología, la nuclear se ha cubierto el 22% de la demanda (un 21% en 2011), le siguen los grupos de carbón con una aportación del 20% (un 15% en 2011) y la eólica con una cobertura del 18% (un 16% en 2011). La hidráulica y los ciclos combinados han reducido su aportación respectivamente al 7% y 14%, frente al 11% y 19% en 2011. El resto de tecnologías no han variado significativamente su aportación.
- En conjunto, las energías renovables en 2012 han representado el 32% de la producción total neta, un punto menos que el año anterior aunque su implantación cada vez es más común.
- La energía eólica en 2012 superó en varias ocasiones los anteriores máximos históricos. El día 18 de abril, a las 16:41 horas, se alcanzó el último récord de potencia instantánea con 16.636 MW (un 12% superior al anterior registrado el 9 de noviembre del 2010). Ese mismo día se superaron igualmente los máximos de energía horaria y diaria con 16.455 MW y 334.850 MWh, respectivamente. Así mismo, en abril se alcanzó un nuevo récord de producción eólica mensual con 5.362 GWh (un 8,8% mayor que el anterior máximo registrado en diciembre del 2009), y en septiembre se estableció un nuevo récord de cobertura de la demanda con energía eólica, cuando el día 24 a las 3:03 horas, el 64,25% de la demanda peninsular se cubrió con esa energía, superando el máximo anterior del 61,06% registrado el 19 de abril del mismo año, a las 1.37 horas.
- Las emisiones de CO<sub>2</sub> del sector eléctrico peninsular se han estimado para el 2012 en 81 millones de toneladas, un 11% más que en 2011 por lo que las previsiones de emisiones medioambientales no se están cumpliendo.
- Los intercambios de energía eléctrica a través del enlace Península-Baleares han tenido un saldo exportador hacia Baleares de 569 GWh, lo que ha permitido cubrir el 10% de la demanda de esas islas.
- En cuanto a los intercambios internacionales, mediante las interconexiones con Europa y África, por noveno año consecutivo el saldo de intercambios físicos de energía eléctrica ha sido exportador. Las exportaciones se elevaron a 18.857 GWh (14.023 GWh en 2011), mientras que la cifra de importaciones se redujo a 7.427 GWh (7.932 en 2011). Como resultado, el saldo neto exportador ha sido de 11.430 GWh, un 87,7% superior al del 2011.
- Respecto a las infraestructuras de transporte, durante el año 2012 se han puesto en servicio 859,64 km de líneas y circuitos, lo que sitúa el total de la red nacional de transporte al finalizar el año en 41.369 km de líneas y circuitos. Por su parte la capacidad de transformación aumentó en 3.130 MVA, elevando la capacidad de transformación total nacional a 78.050 MVA.
- En cuanto al balance de producción, la mayor parte de las tecnologías han registrado aumentos de producción respecto al año anterior, con ascensos significativos del carbón (un 27,9 %) y del conjunto de las energías renovables, entre las que destaca el incremento de la solar termoeléctrica (un 84,4 %) y la eólica (un 14,3 %). Por el contrario, la generación de los ciclos combinados descendió un 23,2 % y la hidráulica un 28,5 %.

### 3.6 CONSUMO

La electricidad es una fuente de energía imprescindible. La iluminación, la cocina, la lavadora, el frigorífico, la plancha, el televisor, el ordenador, la calefacción o el equipo de aire acondicionado son algunos de los aparatos que funcionan con energía eléctrica.

Además, hay que tener presente que el consumo eléctrico representa la evolución económica de un país o región, ya que los períodos de crecimiento económico suponen incrementos en el consumo energético. En la industria, casi la mitad de la energía que se consume es eléctrica. La electricidad se utiliza tanto como fuente motriz de los motores eléctricos de las máquinas y aparatos propios de cada sector. Al igual que en el sector doméstico, la electricidad es también la principal fuente de iluminación, y permite obtener calor y frío con equipos de climatización. En el transporte, el tren o el metro son los medios de transporte que utilizan la electricidad como medio energético por excelencia.

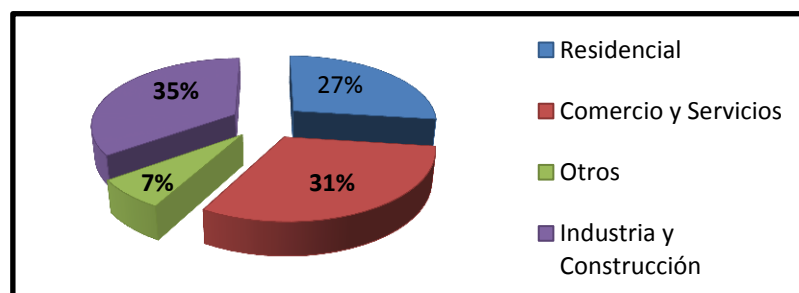


**Figura 10. Consumo horario de energía eléctrica en un día de invierno por sectores. (Noviembre 2011).**

Fuente:REE

Actualmente se están diseñando vehículos eléctricos dirigidos sobre todo para usos urbanos o para empresas de transporte, así como vehículos “híbridos” en los que el motor eléctrico se combina con un motor de combustión, de forma que goza de las ventajas de ambas fuentes de energía. Como estos vehículos funcionan con electricidad, deben alimentarse a través de una batería que se recarga con un enchufe adaptado que se está implementando en los edificios urbanos o ciudades a medida que avanza el desarrollo e implantación de estos vehículos, que conforme pase el tiempo serán más necesarios por el hecho de buscar alternativas para la sustitución de los combustibles fósiles, por otros medios energéticos menos contaminantes y que no sean limitados.

En el siguiente gráfico, se puede observar la distribución del consumo de electricidad por sectores económicos en el año 2005:



**Figura 11. Distribución del consumo de electricidad por sectores económicos. Año 2005. Datos UNESA.**

### 3.7 SECTOR SERVICIOS EN EL SECTOR ELÉCTRICO

Para conocer la importancia de la participación del sector servicios en el sistema eléctrico, es necesario definir qué es este sector y qué papel desempeña este sector dentro de la sociedad, ya que abarca un amplio abanico de actividades que repercuten en el consumo de electricidad.

El sector servicios o sector terciario es el sector económico que abarca todas aquellas actividades económicas que no se dedican a la producción o fabricación de bienes, sino a la prestación de servicios para satisfacer las necesidades de la población.

La función de este sector es dirigir, organizar y facilitar la actividad productiva de los otros sectores (sector primario y sector secundario) gracias a dos funciones elementales en la actividad económica que son: la distribución y el consumo.

En las últimas décadas, este sector se ha diversificado y ha crecido de forma espectacular. En los países más desarrollados, el sector terciario conforma en torno al 70% del producto interior bruto (PIB). En países de desarrollo medio como Brasil o Tailandia ronda el 50%, el 40% en Irán e Indonesia, y en los países menos desarrollados alcanza porcentajes del PIB muy inferiores.

#### Regiones españolas con mayor influencia del sector servicios

Las regiones españolas con más población activa ocupada en el sector terciario son:

1. Madrid, capital de España. Más del 70% de la población madrileña está empleada en el sector servicios. Situaciones semejantes se dan en las otras cuatro ciudades con mayor población de España: Barcelona, Valencia, Sevilla y Bilbao.
2. Los archipiélagos de las islas Baleares y las islas Canarias. Debido a la importancia del turismo en estas comunidades autónomas.
3. Las capitales de provincia, con un número cuantioso de personas empleadas en el sector servicios debido a la Administración provincial y a los centros comerciales de ocio y a las zonas urbanas denominadas como 'shopping'.
4. Las regiones o comunidades autónomas con menor población activa ocupada en el sector servicios son aquellas en las que el sector primario y secundario son más importantes como en: Castilla la Mancha, La Rioja, Cantabria y Navarra.

#### Tipos de actividades terciarias

El sector servicios es enormemente heterogéneo, en él se incluyen ocupaciones muy diversas que se pueden segmentar siguiendo diferentes criterios.

Teniendo en cuenta quien gestiona el servicio, se pueden distinguir dos grandes grupos:

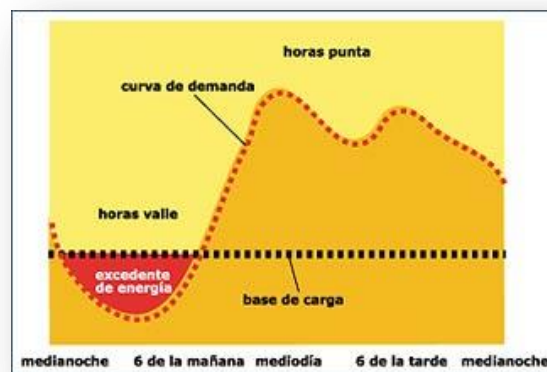
- Servicios públicos: prestados por las administraciones públicas con los ingresos obtenidos por los impuestos. En algunos casos, el Estado tiene el monopolio de ese servicio: administración (funcionarios), defensa (ejércitos) y orden público (policías). En otros, el Estado es principal proveedor de esos servicios: sanidad y educación.
- Servicios privados: prestados por empresas privadas en busca de un beneficio económico. Aquí estarían los demás servicios (transporte, turismo, ocio, comercio, actividades financieras, etc.).

## 4. Demanda Eléctrica

La sociedad española demanda en cada instante electricidad para producir bienes en las fábricas, desarrollar la actividad de comercios y empresas, y también para utilizar los aparatos propios de la vida cotidiana en los hogares. Como la energía eléctrica no es almacenable, a lo largo del día se van produciendo cambios en la curva de demanda, por lo que se deben hacer previsiones fiables de los hábitos de consumo para cumplir siempre el equilibrio entre generación y demanda. A la hora de hacer estas previsiones hay que tener en cuenta diversos factores socio-económicos y climatológicos, que afectan a la curva y a su evolución a lo largo del tiempo.

### 4.1 Curva Demanda Eléctrica en España

La curva de demanda eléctrica o de carga es un compuesto de muchos consumos: domésticos, industriales, para el transporte, etc. Depende de muchos factores: temperatura (los días fríos las estufas eléctricas funcionan a pleno rendimiento), horas de luz, festividades, etc.



**Figura 12. Ejemplo evolución de la demanda eléctrica en España. Fuente UNESA**

Para analizar la curva se debe anotar que durante las horas punta, es más costoso producir la electricidad porque es necesario que funcionen las centrales denominadas de 'punta', para proporcionar ese plus de potencia exigido por el sistema pero con un precio marginal de producción más caro. Esto se debe a que aquellas centrales que suministran la potencia requerida tienen un coste marginal de producción de energía más caro (siendo también las que más CO<sub>2</sub> emiten), siendo ese precio el que se imponga a la hora de determinar el precio de la energía en ese momento. Por tanto, todo el sistema eléctrico tiene que dimensionarse para poder atender la demanda en este reducido número de horas.

En invierno las horas punta del sistema se producen por la mañana y por la tarde/noche, mientras que en verano tienen lugar en las horas centrales del día, coincidiendo con las horas de mayor temperatura en donde se conectan los equipos de aire acondicionado. Normalmente a las 6.00 h de la mañana se produce el inicio del ascenso de la demanda eléctrica, con el inicio de la jornada laboral en ambos períodos.



A continuación, se ilustran dos figuras correspondientes a las curvas características de la demanda en España durante dos estaciones opuestas como son invierno y verano, en las cuales los hábitos de consumo y ritmo de vida cambian notablemente.

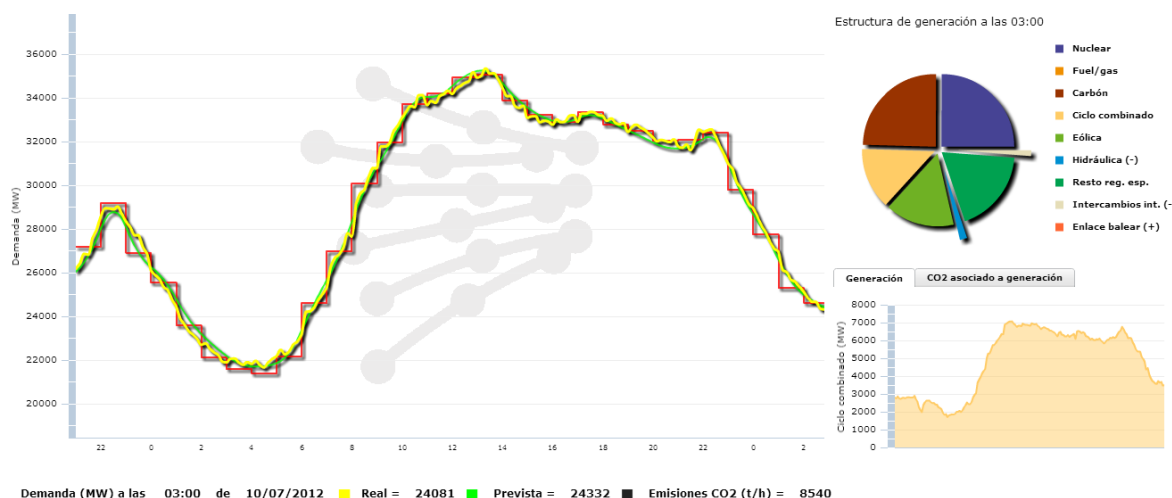


Figura 13. Demanda energía eléctrica Lunes 09/07/2012. Fuente REE

En este primer caso, correspondiente a la característica típica de un día laborable en verano, se puede observar cómo evoluciona la demanda a lo largo del día, con un valle muy pronunciado en las horas correspondientes a la madrugada, alcanzando el mínimo sobre las 4h. A medida que avanza el día, la pendiente de esta curva aumenta alcanzando su máximo en las horas centrales del día 12h-15h, y manteniéndose constante sobre estos valores en un largo período, como consecuencia del calor y los equipos de aire acondicionado. A medida que avanza la tarde, la demanda disminuye poco a poco aunque no de forma abrupta, no se produce un valle visible ni posibles máximos o mínimos relativos, sino que evoluciona forma lineal hasta las 22h, y una vez en este punto la demanda cae fuertemente hacia el valle de las horas nocturnas de la madrugada, cuando toda la actividad laboral ha cesado y los equipos de aire acondicionado o aparatos eléctricos en general dejan de funcionar debido al buen tiempo de las noches veraniegas en las que las personas no utilizan excesivamente aparatos eléctricos.

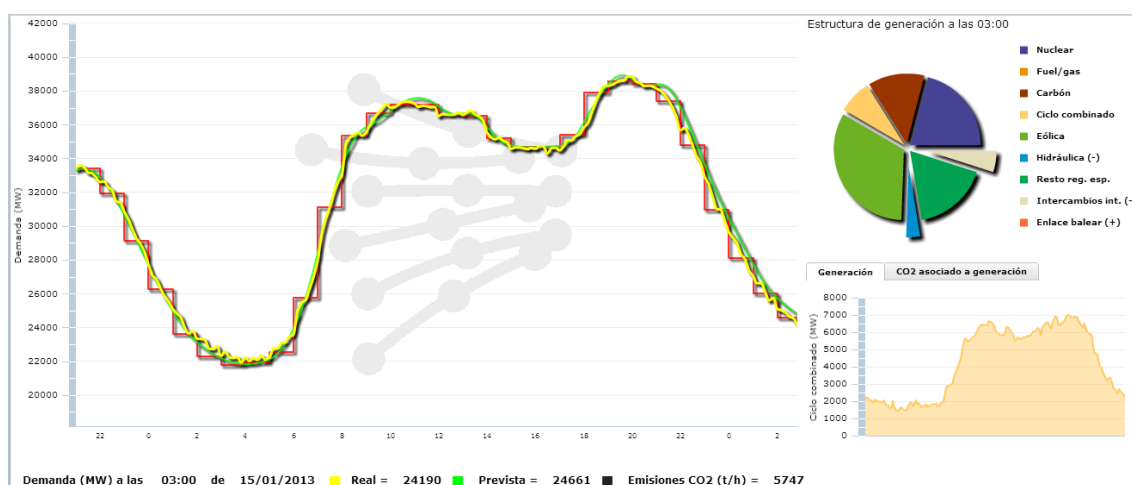


Figura 14. Demanda energía eléctrica Lunes 14/01/2013. Fuente REE

En este segundo caso, se muestra la curva característica típica de un día laborable en invierno. Del mismo modo, el valle más importante de estos días se da durante las horas de la madrugada, alcanzando el mínimo absoluto sobre las 4h. A medida que empieza la actividad laboral, la pendiente empieza a crecer y se produce el primer máximo del día comprendido entre las 10h-12h como consecuencia de la alta actividad comercial e industrial. Al mediodía, la demanda vuelve a crecer mínimamente por la actividad de cocinas vitrocerámicas y calefacciones de edificios, pero a partir de las 14h-15h desciende produciéndose un segundo valle, correspondiente a un mínimo relativo sobre las 16h hasta que empiece a aumentar la pendiente de nuevo a partir de las 18h-19h, como consecuencia de la actividad en los hogares por el fin de la jornada laboral y la presencia de climatización o equipos eléctricos. Por tanto, se produce el segundo pico de demanda del día, correspondiente al máximo absoluto sobre las 20h-21h, y a partir de ahí desde las 22h la demanda cae fuertemente hacia el valle de las horas nocturnas de la madrugada dónde apenas hay actividad humana.

Estas figuras hacen referencia a días laborales, pero los fines de semana la demanda varía por el cambio de hábitos y forma de vida de los usuarios, por lo que se debe tener en cuenta todo tipo de comportamiento y adecuar la generación o modelos de eficiencia energética a cada situación.

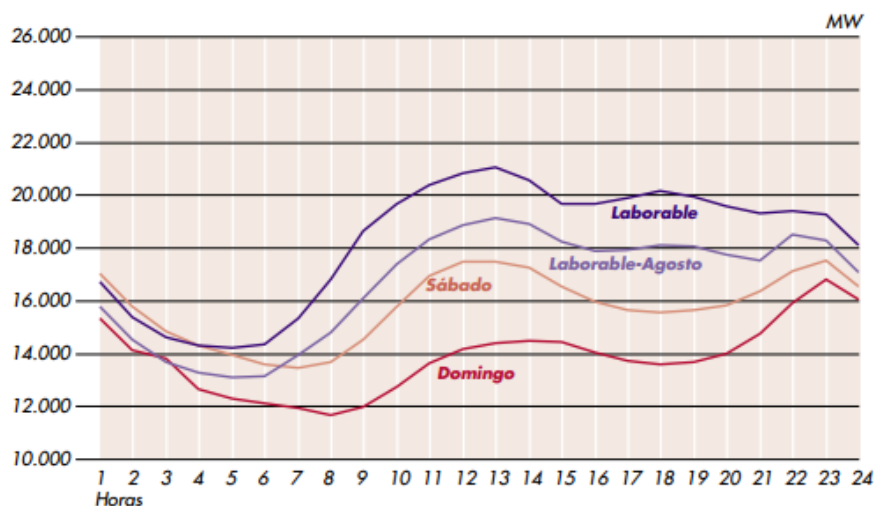


Figura 15. Perfiles de la demanda eléctrica. Año 1997. Fuente Proyecto INDEL

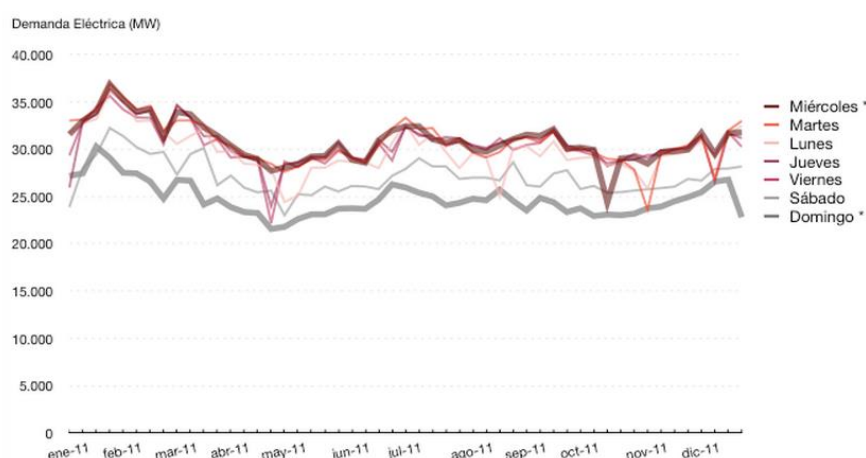


Figura 16. Ejemplo de la variabilidad diaria de los datos de demanda eléctrica. Fuente REE y Politikon.es



Por tanto, se puede observar que existe una distribución horaria según la actividad de los usuarios, de períodos denominados valle (bajo consumo) y períodos denominados de punta (alto consumo) que varían dependiendo de la estacionalidad. En la siguiente imagen, se puede observar dicha distribución diaria, marcando la duración de cada período:



Figura 17. Distribución diaria horas punta y valle Invierno Verano. Fuente UNESA

#### 4.2 Ciclos de la curva de la demanda

La demanda eléctrica tiene ciclos diarios, semanales y anuales

En cuanto el nivel de demanda eléctrica, generalmente, los meses con mayor consumo son los meses correspondientes al período invernal. Estos ciclos conllevan a que no todas las centrales estén siempre generando energía eléctrica, es decir, que parte de la capacidad instalada no es utilizada durante todo el tiempo. Los ciclos diarios son los mostrados con las figuras [13](#) y [14](#), los cuales varían en función de si se trata de un día de los meses de verano, de los meses de invierno, o de los meses considerados como de transición, teniendo cada uno de ellos una curva característica.

Los ciclos semanales se caracterizan, fundamentalmente por cinco días con demandas similares, que son los días laborables comprendidos entre lunes y viernes, y los fines de semana durante los cuales la demanda se reduce como consecuencia de la disminución de la actividad en empresas y comercios.

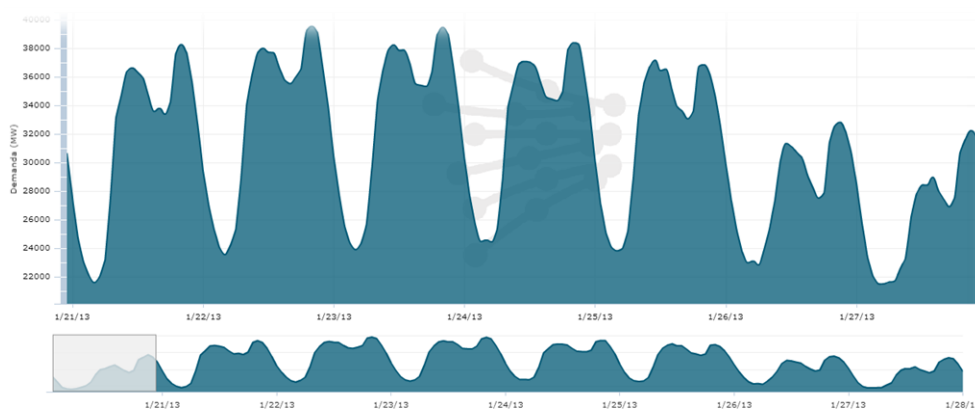
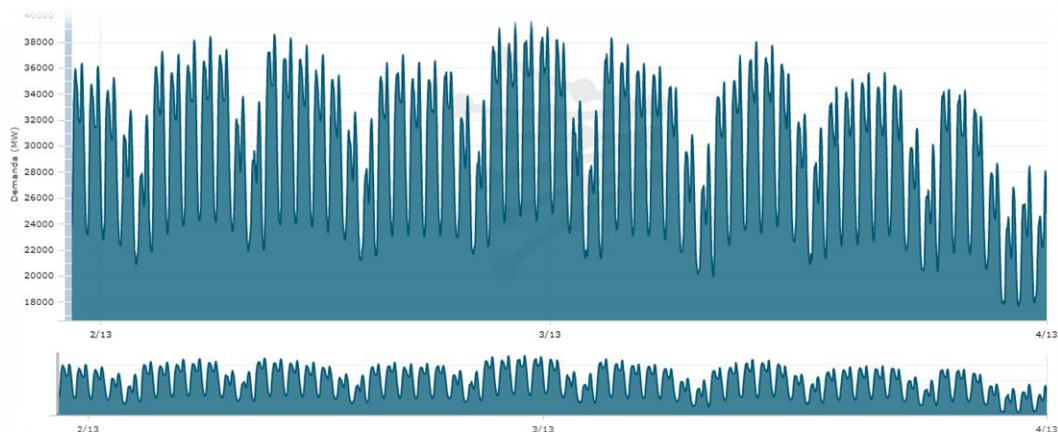


Figura 18. Ciclo semanal de la demanda eléctrica comprendida entre el 21 de Enero y el 27 de Enero de 2013. Fuente: REE

En cuanto a los ciclos mensuales se pueden ver variaciones de una semana a otra como consecuencia de las variaciones de temperatura que pueden causar, por ejemplo, una ola de frío o de calor, pero en general las semanas comprendidas en un mismo mes suelen tener consumos similares, como se puede ver en la figura 19 que se muestra a continuación, en la cual se puede observar que el mes de enero tiene un consumo similar, y el cual se ha visto reducido durante el mes de febrero como consecuencia de los leves aumentos de temperatura. Durante el mes de enero se puede ver una clara anomalía en la demanda durante la primera semana del año como consecuencia de las festividades del día 1 y 6 de enero.



**Figura 19. Ciclo mensual de la demanda de los meses de Febrero y Marzo de 2013. Fuente: REE**

Aun así, la demanda eléctrica varía en función del país o territorio, ya que se ve afectada por diversos factores como la temperatura, el grado de desarrollo, la situación económica, la época del año o por los hábitos de vida de la población, las industrias y de los servicios que se den en dicho país. En este proyecto, se analiza la curva de demanda española por lo que se deben conocer todos los aspectos o características que definen dicha curva.

El Operador del Sistema, en España Red Eléctrica de España, es el encargado de que se cumpla el equilibrio entre generación y demanda, por lo que debe hacer una previsión fiable del consumo de cada día. Por tanto, hay ciertos casos en los que estas previsiones no son aproximadas debido a sucesos imprevistos o comportamientos anómalos de la población como puede ser una huelga general donde la actividad cesa de forma repentina. Estas anomalías también son las causadas por festividades nacionales o por eventos importantes como pudo ser la final del Mundial de Fútbol, y tienen que ser previstas el Operador del Sistema, manteniendo constante la dualidad entra generación y demanda, ya que el consumo va a variar respecto a un día normal.

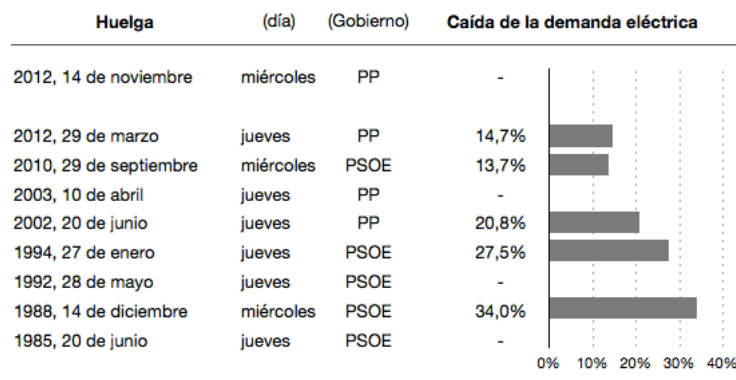


Figura 20. Efecto huelgas generales en España en la previsión de la demanda. Fuente REE y RTVE

### 4.3 Evolución de la curva en función del PIB y otras características socio económicas

La demanda eléctrica ha sufrido notables variaciones a lo largo del tiempo, durante las décadas de los años 80 y 90 la demanda de energía mantuvo un carácter creciente, mientras que en la última década este crecimiento se ha visto reducido incluso llegando a ser negativo. Estas variaciones en la demanda eléctrica se producen en función de las diferentes coyunturas económicas que haya atravesado el país dependiendo de diversos factores (clima, demografía, inmigración...).

En cuanto a estas variaciones cabe destacar el gran aumento en la demanda que tuvo lugar en el período comprendido entre los años 1987-1991, con un aumento del 5% anual, como consecuencia de un periodo de alto crecimiento en la economía española. Durante los años 1992-1993 hubo una recesión en este crecimiento como consecuencia de un periodo de recesión en la economía española, produciéndose de nuevo un aumento en los años 1994-1997 debido a la recuperación de las tasas de crecimiento en la economía, anteriores a la pequeña crisis de 1992-1993.

Posteriormente la demanda española registró crecimientos entorno al 4% y el 7% entre los años 1998-2005, como consecuencia de la continua evolución de la economía.

Sin embargo, desde el 2006 el crecimiento fue disminuyendo, hasta que en el año 2009, la demanda anual de energía eléctrica disminuyó un 4,7% como consecuencia de la inminente crisis económica del país durante ese año.

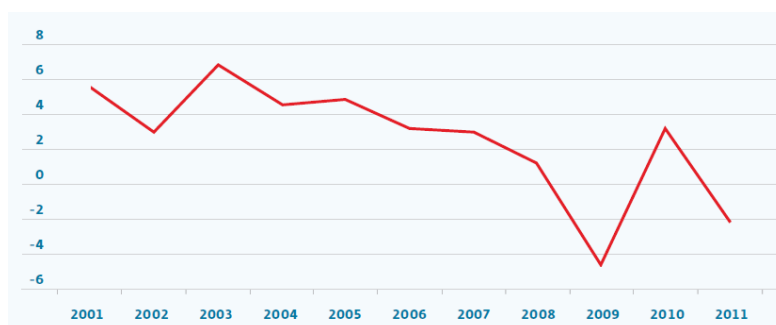


Figura 21. Evolución del crecimiento anual de la demanda de energía eléctrica en b.c. (%). Fuente REE

Es decir, se puede sacar como conclusión, que la situación económica del país afecta al valor de la demanda eléctrica de un año a otro, ya que a pesar de que la curva sea similar, el valor de la demanda eléctrica es inferior en un año con crisis económica que en un año de expansión económica.

Por tanto, para calcular el efecto que la actividad económica produce sobre la demanda eléctrica se toma en consideración la evaluación de incrementos anuales del PIB, en donde se observa claramente que existe una relación positiva entre PIB y consumo de electricidad. Es necesario tener en cuenta que, según se refiera a un horizonte más lejano, el nivel de incertidumbre aumenta. Esta relación se debe no solamente a que el crecimiento del PIB induce un incremento en la demanda de electricidad, al incrementarse el equipamiento de los hogares y comercios, sino también a que el acceso a un suministro eléctrico seguro y de calidad es una condición indispensable para el crecimiento económico.

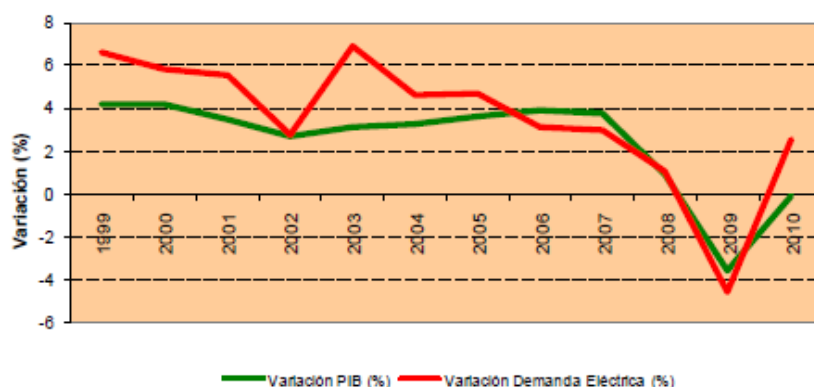


Figura 22. Evolución del PIB y de la demanda eléctrica. Fuente: REE y CNE.

Desde el 2006, el crecimiento de la demanda eléctrica fue inferior al del PIB, en parte debido a la introducción de medidas de ahorro y eficiencia energética. No obstante, en el año 2010, la demanda eléctrica creció a un ritmo superior al PIB debido a las previsiones optimistas para salir de la crisis, las cuales fueron erróneas como se muestra en el siguiente año 2011 en el cual la demanda disminuyó considerablemente a pesar del leve aumento producido en el PIB.

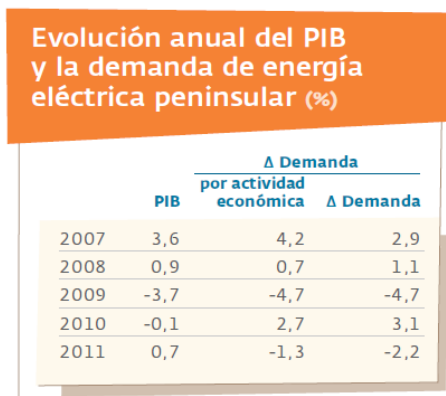


Figura 23. Evolución anual PIB y demanda energía eléctrica últimos años (%). Fuente: REE

Durante estos los últimos años la variación de la demanda ha sufrido diferentes variaciones, que se pueden apreciar en la siguiente tabla:

### Evolución de la Demanda

Año	GWh	$\Delta$ Anual (%)	$\Delta$ Anual corregido * (%)
2008	265206	1,1	0,7
2009	252660	-4,7	-4,7
2010	260530	3,1	2,7
2011	255373	-2	-1,1
2012	252191	-1,2	-1,7

\* Factores: laboralidad y temperatura.

**Tabla 1. Evolución y crecimiento anual de la demanda eléctrica. Datos: REE y CNE.**

Existen diversos factores que pueden afectar a la demanda de manera significativa. Los considerados como más relevantes y los que se utilizan para 'corregir' la curva de la demanda eléctrica, son:

- Temperatura: Varía notablemente a corto plazo.
- Laboralidad: o efecto del calendario que como es sabido cambia cada año, por lo que tampoco hay evidencia clara de cómo evoluciona.
- Actividad económica y otros: este factor tiene un perfil determinado, definido por una serie de constantes denominados coeficientes de estacionalidad que evolucionan a largo plazo.

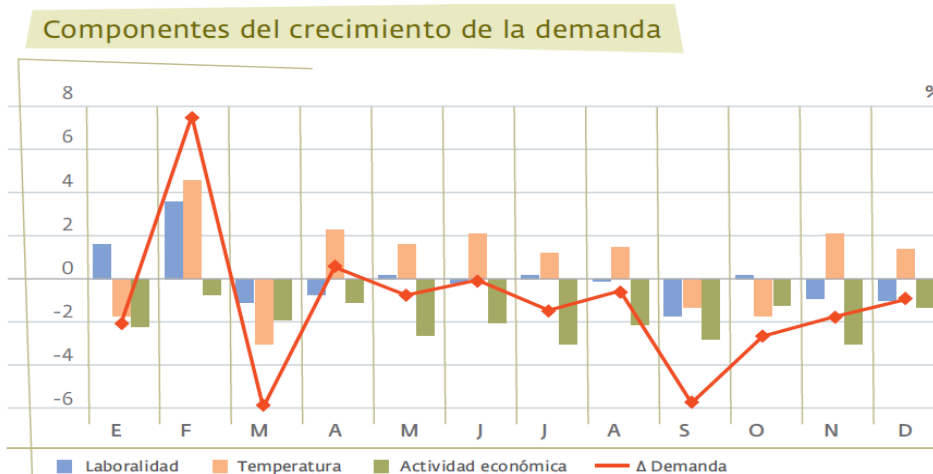
Estos factores tienen una importancia gradual en la demanda eléctrica, influyendo año tras año en la curva característica. Su influencia en la variación de la demanda se puede apreciar en valores numéricos recogidos en la siguiente tabla:

Efectos <sup>1</sup>	ene-13	feb-13	Año 2013
Variación mensual	-2,3	-10,3	-6,3
Laboralidad	0,4	-3,0	-1,4
Temperatura <sup>2</sup>	1,1	-1,8	-0,4
Actividad económicas y otros	-3,7	-5,6	-4,4

**Tabla 2. Componentes de variación de la demanda en b.c. 2012/2013. Datos REE.**

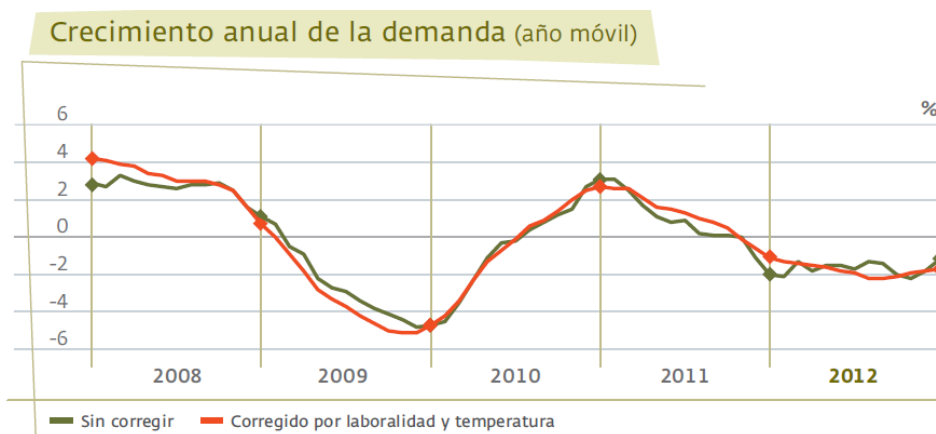
<sup>1</sup> La suma de efectos es igual al tanto por ciento de variación de la demanda total.

<sup>2</sup> Temperaturas máximas medias diarias peninsulares por debajo de 20°C en invierno y por encima de 23°C en verano, producen aumento de la demanda.



**Figura 24. Evolución mensual de la demanda de energía eléctrica en b.c. (GWh). Fuente REE**

Se puede comprobar la variación o la tendencia que sigue la demanda eléctrica en España estos últimos años, cuyo crecimiento se ha estancado por la situación económica actual y cambio de hábitos de los usuarios.



**Figura 25. Evolución del crecimiento anual de la demanda en b.c. (%). Fuente REE**

Para obtener una referencia más próxima a la fecha actual, la evolución de la demanda eléctrica en el último año ha sido prácticamente nula siguiendo una evolución bastante lineal y predecible ya que el Estado español aún sigue en decadencia desde el punto de vista económico, por lo que se espera que este año 2013 no se produzcan grandes cambios ni aumentos significativos en el consumo eléctrico que produzcan variaciones en la curva de la demanda eléctrica. La siguiente gráfica presenta una información adicional de la evolución del consumo eléctrico del conjunto de empresas que tienen una potencia contratada superior a 450 kW. En concreto, de aquellas relacionadas con el sector servicios.

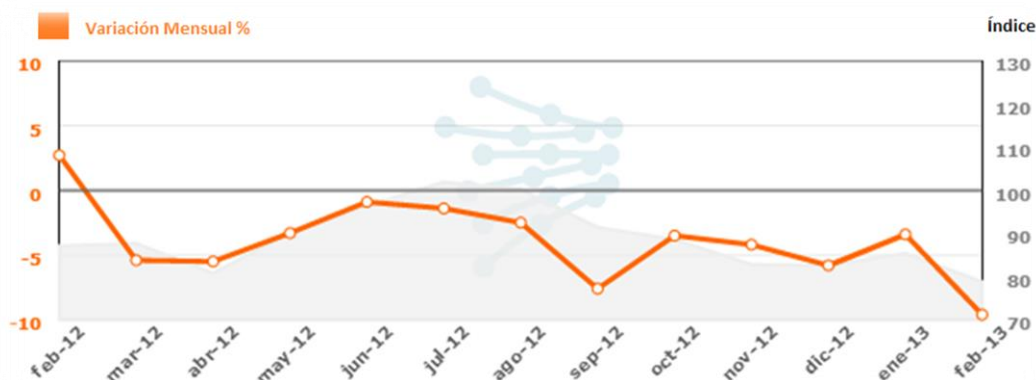


Figura 26. Evolución de la demanda de electricidad de grandes consumidores sector servicios. Fuente REE

#### 4.4 Previsión de la demanda de energía eléctrica

La estimación del crecimiento o decrecimiento de la demanda de energía eléctrica es fundamental para la realización del cálculo de la cobertura de la misma que se tiene que realizar.

En la estimación anual a largo plazo se tiene en cuenta el crecimiento de la actividad económica y la laboralidad.

Para el cálculo del efecto que causa la actividad económica en la demanda de energía eléctrica, se tiene en cuenta la estimación de los incrementos anuales del Producto Interior Bruto (PIB)<sup>3</sup>, el cual es una variable utilizada comúnmente para mostrar el índice de la variación de la actividad económica.

Esto se puede ver claramente reflejado, en las variaciones en la demanda durante los años 2009 y 2010, las cuales se mostraron en el apartado anterior.

En cuanto al factor de la laboralidad, se tiene en cuenta el número de días laborables del año, que en general son el mismo número de días excepto en aquellos años que son bisiestos en los cuales hay un día más de actividad laboral y como consecuencia de ello un ligero aumento en la demanda.

Como ya se ha comentado en apartados anteriores, otro de los principales factores a tener en cuenta es la temperatura, la cual afecta considerablemente en las variaciones a corto plazo. Pero en el caso de hacer previsiones a largo plazo o anuales, no suele ser un factor relevante, ya que se consideran los históricos del registro de temperaturas.

La Comisión Nacional de Energía (CNE) ha realizado, a través de estos factores, una previsión de la evolución de la demanda, en la que ha llegado a la conclusión que tras la caída moderada durante los años 2011 y 2012, se va a experimentar una recuperación moderada a partir del año 2014 (aunque el estudio solo se ha realizado con visión de tres años ya que el nivel de incertidumbre es mayor, según se realice una previsión para un periodo más lejano).

<sup>3</sup> PIB: Es una medida macroeconómica que expresa el valor monetario de la producción de bienes y servicios de un país durante un periodo determinado de tiempo (generalmente un año).



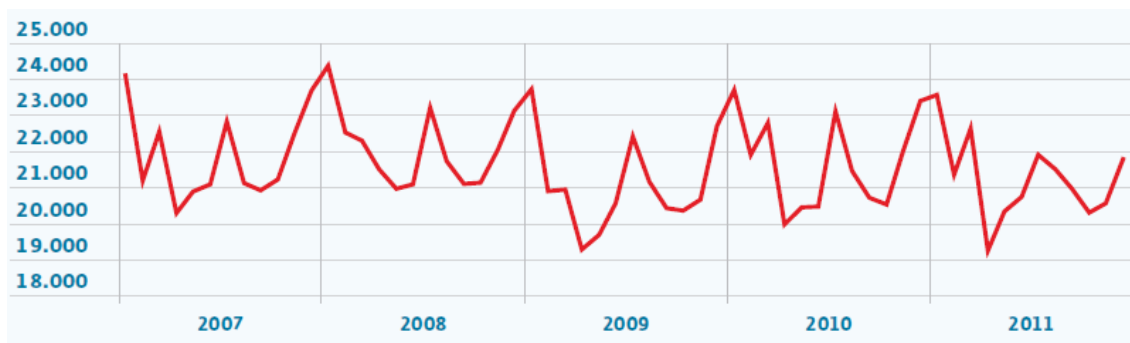


Figura 27. Evolución de la demanda eléctrica española en los últimos años. Fuente REE.

#### 4.5 Demanda Sector Servicios

Con respecto al sector servicios, el consumo energético en el año 2008 registró un descenso del 6,4%, coincidiendo con el inicio de la crisis económica en España. Prácticamente todas las fuentes energéticas, a excepción de las energías renovables y de la electricidad, registraron una disminución en su demanda, siendo más significativo en el caso del carbón y del gas natural.

La demanda eléctrica presenta un carácter estable por lo que se debe destacar la creciente participación en dicha demanda del sector servicios ya que representa el 67,6% del consumo total en este sector.

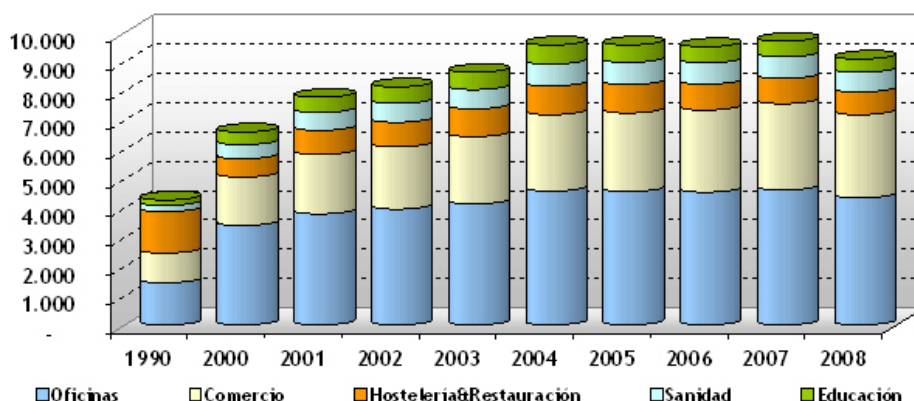


Figura 28. Evolución del Consumo Energético del Sector Servicios, 1990-2008. Fuente IDAE

La realidad actual es diferente ya que la tendencia es negativa a lo que respecta al crecimiento económico y por tanto, a la demanda eléctrica. El sector terciario o sector servicios es uno de los principales afectados por la crisis económica, ya que numerosas PyMes<sup>4</sup> o comercios se han visto perjudicados por el descenso del consumo y operaciones comerciales que esta situación ha traído consigo.

Con relación a los distintos subsectores que integra el sector servicios, se observa una cierta estabilización en el consumo a lo largo de los últimos años, siendo los edificios ligados a las

<sup>4</sup> PYME (acrónimo): Pequeñas y Medianas Empresas, con un número no muy grande de trabajadores, y con una facturación moderada.



oficinas y al comercio, responsables de casi el 80% del consumo total del sector, así como de la mayor parte de la demanda eléctrica del sector.

En cuanto a la evolución de la intensidad energética de este sector, la situación correspondiente al año 2008 muestra una mejora del 8,4%, atribuible tanto a la disminución del consumo energético del sector como al crecimiento económico de este sector del 2,25%.

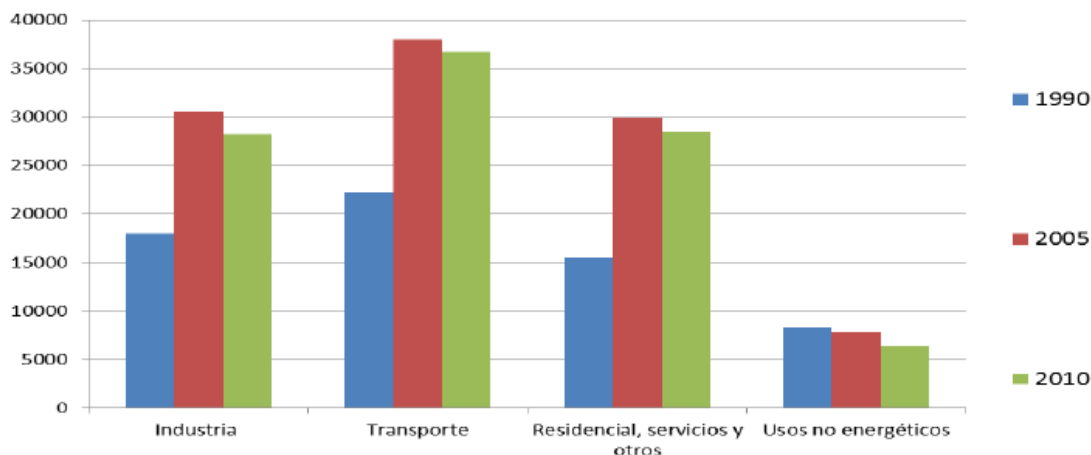


Figura 29. Evolución del consumo de energía final por sectores. Fuente REE.

Por tanto, esta situación marca la tendencia del consumo eléctrico en este sector, ya que sufre en los últimos tiempos de grandes cambios y variaciones económicas que lo desestabilizan, y repercuten significativamente en el sistema eléctrico.

#### 4.6 Marco regulatorio

Para obtener una disposición de mayor rango legal, fue aprobada en 2011 la Ley 2/2011, de 4 de marzo, de Economía Sostenible, en la que se establecen diversas medidas relativas al sector eléctrico coherentes con la apuesta de España por un modelo energético sostenible, y se traspone a la regulación nacional el cumplimiento de los objetivos 20-20-20 en el año 2020<sup>5</sup>, establecidos en la Directiva 2009/28/CE, y se fomentan las actividades de I+D+i y proyectos energéticos tales como el desarrollo de redes inteligentes, la gestión activa de la demanda, el secuestro de carbono y el desarrollo del vehículo eléctrico e híbrido.

Asimismo, en la Ley de Economía Sostenible, se regulan importantes reformas en el funcionamiento de la Comisión Nacional de Energía (CNE), entre las que destacan la reducción de miembros del Consejo, la obligación de rendir cuentas al Parlamento, la introducción de medidas destinadas a dotarle de mayor transparencia y autonomía, así como la modificación de la función 14, relativa a la adquisición de participaciones por sociedades y de la función 15, en la que se establece la emisión por parte de la CNE de un informe determinante en las

<sup>5</sup> Reducir para 2020 las emisiones globales de gases de efecto invernadero de la Comunidad al menos un 20 % respecto a los niveles de 1990, 30% siempre que otros países desarrollados se comprometan a realizar reducciones comparables.

**Aumentar el uso de energías renovables hasta el 20%** de la producción total.

**Reducir el consumo energético en un 20%** con respecto al nivel previsto para 2020 gracias a una mayor eficiencia energética.

operaciones de concentración de empresas. Durante el año 2011 se han publicado además numerosas disposiciones de regulación del sector eléctrico, entre las que destacan las siguientes:

- Real Decreto 647/2011, de 9 de mayo, por el que se regula la actividad de gestor de cargas del sistema para la realización de servicios de recarga energética, que establece la regulación de los gestores de cargas del sistema como sujetos que desarrollan la actividad destinada al suministro de energía eléctrica para la recarga de los vehículos eléctricos, creándose para el ejercicio de esta actividad un nuevo peaje de acceso supervalle para suministros entre 10 y 15kW, y modificándose asimismo la TUR (Tarifa eléctrica de Último Recurso) para incluir esta discriminación horaria supervalle.
- Real Decreto 1544/2011, de 31 de octubre, por el que se establecen los peajes de acceso a las redes de transporte y distribución que deben satisfacer los productores de energía eléctrica. Esta disposición fija un peaje uniforme de 0,5 €/MWh, con carácter transitorio hasta que se desarrolle una metodología específica de asignación, aplicable desde el 1 de enero de 2011 a cada instalación de generación, tanto del régimen ordinario como del régimen especial, que será recaudado por las empresas transportistas y distribuidoras para su puesta a disposición del procedimiento de liquidación de ingresos y costes regulados del sector.
- Real Decreto 1623/2011, de 14 de noviembre, por el que se regulan los efectos de la entrada en funcionamiento del enlace entre el sistema eléctrico peninsular y el balear, y se modifican otras disposiciones del sector eléctrico, en el que se establece el marco reglamentario para la gestión técnica y económica del nuevo enlace entre la península y la isla de Mallorca, así como para la liquidación de la energía que circule a través del mismo.
- Real Decreto-ley 20/2011, de 30 de diciembre, de medidas urgentes en materia presupuestaria, tributaria y financiera para la corrección del déficit público, cuya principal medida para el sector eléctrico fue la reducción de los importes de la financiación del extracoste de los sistemas insulares y extrapeninsulares cargados a los Presupuestos Generales del Estado de los años 2011 y 2012, que se fijan en un 17 % del sobrecoste del año 2011, frente al 51 % previamente vigente, y en un montante máximo de 256,4M€ para el año 2012, que sustituye al porcentaje del 75 % del sobrecoste para este año establecido anteriormente.

En la normativa relacionada con este proyecto cabe señalar la entrada en vigor del *Código Técnico de la Edificación* (aprobado mediante el R.D. 314/2006), que obliga a disponer de un aislamiento óptimo en las edificaciones de nueva construcción. Este código supone la toma de medidas, de forma obligatoria, sobre la eficiencia energética en el proyecto de un edificio, para que de por sí, demanden menos energía para conseguir el mismo nivel de confort en su interior, como consecuencia de la mejora del aislamiento por lo que se complementa a la perfección con el desarrollo del programa que se describirá en el siguiente apartado.

## 5. Gestión Activa de la Demanda

En este capítulo se presenta la base del proyecto en el que se define el concepto e implantación de la Gestión Activa de la Demanda en el sector eléctrico español, concretamente en el campo de aplicación del sector servicios.

La energía eléctrica no se puede almacenar en grandes cantidades y, por ello, es necesario que en cada momento se mantenga el equilibrio entre la energía que se genera y la energía que se consume. Activar cualquier nuevo dispositivo eléctrico o desconectar un electrodoméstico, implica que en ese mismo momento una central generadora de electricidad deba adaptarse para producir la electricidad necesaria según las condiciones requeridas.

La Gestión Activa de la Demanda es un modelo que se basa en el concepto de una utilización sostenible de la energía con el fin de contribuir al aplanamiento de la curva de la demanda de energía eléctrica. Todo ello mediante un cambio en los hábitos de consumo, lo que supone una mayor eficiencia en el conjunto del sistema y un avance en la integración de las energías renovables al sistema eléctrico, cumpliendo siempre con el equilibrio entre generación y consumo.

Para lograr este cambio sobresalen las medidas de eficiencia y ahorro energético, la discriminación horaria, la gestión telemática de cargas mediante técnicas TICs<sup>6</sup> o el servicio de gestión de demanda de interrumpibilidad.

Por tanto, la gestión activa de la demanda es la programación e implementación de distintas medidas cuyo fin es influir en el modelo de consumo de energía eléctrica, para así modificar el perfil de consumo diario. Cabe destacar que todas estas medidas favorecen al impacto medioambiental (con la disminución de emisiones de CO<sub>2</sub>, reduciendo el riesgo de calentamiento global y efecto invernadero) para preservar un entorno sostenible.

Las medidas de gestión de la demanda se pueden clasificar en cuatro grandes grupos en función del tipo de efecto que produzcan sobre la curva de la demanda eléctrica diaria:

- ❖ Reducción del consumo de energía eléctrica.
  - Mejoras en la eficiencia energética de equipos y procesos.
  - Concienciación social y empresarial sobre el ahorro energético.
- ❖ Desplazamiento del consumo de las horas punta al valle.
  - Discriminación horaria.
  - Respuesta a los precios del mercado.
- ❖ Llenado de los valles.
  - Centrales de bombeo.
  - Tecnologías de almacenamiento.
  - Recarga de vehículos eléctricos.
- ❖ Reducción del consumo en las horas puntas.
  - Servicio de interrumpibilidad y gestión automática de cargas.

---

<sup>6</sup> TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación): conjunto de recursos, procedimientos y técnicas usadas en el procesamiento, almacenamiento y transmisión de información



**Figura 30. Finalidad de la aplicación de la Gestión Activa de la Demanda sobre la curva de demanda eléctrica en España. Fuente REE**

Teniendo en cuenta la importancia existente entre el consumidor y el sistema eléctrico, la Gestión Activa de la Demanda se puede clasificar en diferentes niveles dependiendo de las características de los agentes que intervengan. Estos niveles son:

#### 1) Planes de ahorro y eficiencia energética.

La mayor parte de las actividades y programas de la Gestión Activa de la Demanda cuentan con estos planes como pilar fundamental de su filosofía, ya que se basan en favorecer el aumento de la eficiencia energética de los aparatos eléctricos, impulsando una reducción en el consumo consiguiendo de este modo ahorros energéticos favorables para el sistema, sin perder calidad en los servicios prestados.

Este efecto es indirecto ya que no es una medida evidente sino con efectos a largo plazo, cuando se integre en la totalidad del sistema, y no se tenga en cuenta los horarios de consumo sino la potencia consumida en dichos períodos.

#### 2) Programas Control Indirecto de Cargas Eléctricas mediante Tarificación.

Consiste en gestionar el consumo enviando señales de precios de la electricidad a los consumidores de energía eléctrica para que adecúen sus hábitos. Por tanto, la respuesta de los consumidores depende de los precios del kWh. Existen una gran variedad de iniciativas de este tipo, pero la principal propiedad presente en todas ellas es que el precio de la electricidad es diferente según los distintos períodos del día siendo todos ellos fijos o variables. Las principales modalidades de este programa son:

Tarifas según período de uso (en inglés, Time of Use Tariff – TOU): se basa en dividir un día en varios períodos, en los cuales el precio de la electricidad varía. Este modelo, se basa en que según cuando consuman la electricidad los usuarios, estos pagarán más o menos por el kWh en función del período de consumo. En España, por ejemplo, este tipo de modalidad se puede apreciar por medio de la tarifa nocturna para pequeños consumidores, en donde a partir de cierta hora, la electricidad es más barata (similar a una tarifa plana de uso de la electricidad).

Precios de momento crítico (en inglés, Critical Peak Pricing – CPP): son precios que se ofrecen durante las horas en las que los costes de producción de la energía y por tanto, los precios del mercado, son muy altos debido a un incremento de la demanda o

a un déficit de producción. Su finalidad consiste en minimizar la punta de consumo por medio de la imposición de una tarifa eléctrica muy alta con respecto a las tarifas eléctricas fijas de un único período o las indicadas anteriormente TOUs. El consumidor conoce estos precios con relativamente poca antelación a los periodos en los que se aplican.

*Precios en Tiempo Real* (en inglés, Real Time Pricing – RTP): definen unas tarifas en las cuales el precio de la electricidad indica el precio establecido en el mercado eléctrico, habitualmente por periodos horarios, determinados estos precios según el mercado diario e intradiario, siendo función del coste marginal de las centrales generadoras. Este último sistema evita riesgos e inquietudes a la empresa comercializadora de la energía, siendo el consumidor final el que asuma todas estas incertidumbres por la variación de los precios, por lo que tiene que preocuparse de estudiar los precios del mercado y afrontar los gastos de participar en él.

### **3) Programas Control Indirecto de Cargas Eléctricas mediante Contratos o Incentivos.**

Se trata de una serie de iniciativas para realizar un control indirecto de las cargas (equipos eléctricos que demandan energía) que fuerzan o motivan a los consumidores a reducir su consumo durante ciertos periodos de tiempo. Lo que se busca con estos planes es modificar los hábitos de consumo basándose en ofertas de ahorro en la factura eléctrica del propio consumidor, a cambio de reducciones temporales de la demanda sin reducir el confort o calidad de vida de manera notable. Normalmente, las reducciones de demanda se comparan con respecto a un hipotético ‘caso base’ (o baseline) de consumo.

Al fin y al cabo, la reducción de la demanda de electricidad debe ser realizada por el propio consumidor (por lo que tiene total responsabilidad y control sobre esta acción), el cual recibe un incentivo económico proporcional a su reducción sobre su consumo normal. Para llevar a cabo estos programas de control indirecto de cargas existen unas reglas o normas fijas a las que tienen que atenerse los usuarios participantes. La acción fundamental para que esto se lleve a cabo es que los clientes se comprometan a reducir el consumo a un valor mínimo cuando el Operador del Sistema se lo pida.

El tiempo de respuesta requerido (tiempo transcurrido entre la comunicación del requerimiento de disminución de consumo hasta que esta acción se lleva a cabo) puede oscilar desde un tiempo estimado de 30 minutos hasta varias horas.

La comunicación de la orden de reducción de carga se realiza a través de teléfono, fax o del correo electrónico. Cuanto mayor sea el número de vías de comunicación paralelas disponible, mejor resulta la respuesta por parte de los consumidores, por lo que se trata de optimizar las comunicaciones entre los agentes implicados, mejorando las técnicas TICs disponibles para integrarlas en el sistema de forma compacta.

Existen varias opciones de retribución para este servicio pero se pueden resumir como las simples rebajas en la factura final o tarifa eléctrica, hasta complicados sistemas en los que los clientes perciben una cantidad fija de dinero más el coste de la carga reducida en el mercado durante el periodo de reducción.

#### 4) Programas Control Directo de Cargas Eléctricas.

Estos programas se denominan normalmente programas de control directo de cargas. Se basa en que los operadores del sistema u operadores del programa en sí, tengan que desconectar directamente parte de los equipos con consumos eléctricos de sus clientes. Este tipo de iniciativas requiere la existencia de un sistema de comunicación directo entre el promotor del programa y el consumidor que participa en él, para así poder interactuar en los distintos niveles.

Estos métodos, no son muy frecuentes en Europa, aunque han sido empleados gratamente por los operadores de distribución estadounidenses durante los últimos 20 años. El sistema general de control consiste en agrupar aparatos eléctricos y todo tipo de elementos comunes de un mismo edificio, y revisar todos los aparatos del grupo de la misma manera.

Los grupos pueden incluir varias decenas de miles de aparatos. Aquellos aparatos con menor libertad de ser controlados son aquellos que poseen algún tipo de inercia térmica (calentadores de agua, calefacciones y equipos de aire acondicionado...).

Las acciones de control consisten en establecer secuencias de conexión y desconexión a cada grupo durante un tiempo determinado. Las condiciones de control se establecen mediante contratos que especifican el número y duración de las interrupciones que puede sufrir cada aparato para cada cliente. A cambio de la posibilidad de desconexión, los clientes reciben una rebaja en su factura eléctrica como incentivo por participar en el programa de ahorro.

#### 5) Programas de Mercados de Gestión de la Demanda.

Por último, este es un plan en el que se incluyen los programas de Demand Side Bidding (parte de la gestión de la demanda relacionada con la oferta de consumos 'negativos' en el mercado), que comprende todos los proyectos o estructuras de mercado que permiten que los clientes eléctricos participen en él ofertando sus propias disminuciones de carga. En ciertos momentos, en este tipo de mercados, el consumidor puede presentar ofertas de reducción de su consumo a un precio determinado. Si la oferta es aceptada, el consumidor ejecutará, él mismo, la reducción de consumo y percibirá la cantidad de dinero acordado.

La aplicación de estas medidas supondría una variación importante en la curva de la demanda ya que éstas afectan tanto a la curva como a los usuarios que intervienen en el consumo de la energía eléctrica. Por tanto, las consecuencias directas que origina la Gestión Activa de la Demanda se pueden clasificar en:

#### Efectos sobre la Curva de la Demanda de Energía Eléctrica.

- Reducir picos de demanda, especialmente cuando el consumo se acerca a los niveles máximos posibles de generación en el sistema.
- Desplazar consumos de energía en el tiempo, dentro de un día, una semana, un año...
- 'Rellenar' los valles para utilizar más eficientemente las fuentes energéticas disponibles.

### Efectos sobre el Consumo.

- Reducir la demanda general sin dejar de suministrar los mismos servicios energéticos manteniendo la calidad de los mismos.
- Promover un crecimiento estratégico, principalmente, por medio de sustituir un tipo de suministro energético por otro con características más favorables en lo que respecta al impacto medioambiental.

De este modo, en este proyecto se plantea un modelo de relación entre los agentes involucrados en la Gestión Activa de la Demanda, de tal forma que mediante una actuación coordinada y gestionada entre todos ellos, se puedan maximizar los beneficios para dichos agentes y para el sistema. Estos agentes involucrados se pueden clasificar en:

- **Operador del sistema:** su función actual es promover acciones para impulsar la Gestión Activa de la Demanda, enfocadas a mejorar la gestión del sistema.
- **Distribuidores:** son los gestores de las redes de distribución los que tienen la capacidad de gestionar también las potenciales reducciones de carga en cada punto de su red de distribución, ya que la Gestión Activa de la Demanda está enfocada a los pequeños consumidores. Para ello, actuarán de forma telemática sobre los controladores o limitadores de potencia de los gestores de consumo de los clientes. También gestionan las comunicaciones con el cliente, la información de consumos y envío de señales.
- **Comercializadores:** fomentan y gestionan desde un punto de vista económico las acciones realizadas para cumplir con los objetivos de la Gestión Activa de la Demanda. Además, se encargan de negociar con los clientes finales para adquirir diferentes puntos de vista, y diversas opciones que le permitan obtener mayor flexibilidad. Su labor de intermediarios entre consumidores y operadores de red es fundamental, para proveer a estos de cargas gestionables en determinados puntos de la red. También serán los encargados de remitir consignas de precio a los consumidores.
- **Consumidores:** su función se basa en responder a las señales económicas emitidas a través del comercializador, ejecutando o permitiendo que un agente externo actúe sobre su consumo en cada momento. Esta actuación sobre el consumo se hará mediante un gestor de consumo que permitirá adecuar la actuación, a las preferencias del usuario para no alterar su confort. El cliente recibirá una retribución fijada por participar en estos programas y dotar al sistema, y a sí mismo, de una gran flexibilidad.

El cliente como usuario final de electricidad representará el éxito o el fracaso de los desarrollos realizados dentro del sistema. En el concepto del cliente convergen diferentes aspectos, tanto sociológicos, como económicos, tecnológicos, etc., que lo convierten en un elemento complejo a tener en cuenta para la integración de cualquier sistema.

Las fases finales que se encuentran al margen del alcance del modelo GAD, suponen el acondicionamiento de todos los procesos para una implantación efectiva, donde la presencia de los expertos de producción, industrialización y marketing, resultan fundamentales para conseguir los objetivos deseados.

Para llevar a cabo la Gestión Activa de la Demanda, existe un elemento que cobra una vital importancia para poder gestionar el consumo y desarrollar el modelo, el cual es el denominado contador inteligente.



El contador inteligente, cuenta con la capacidad de comunicación bidireccional a través de la propia red, por lo que permitirá al usuario recibir información directa vía online de su propio consumo, y de los momentos de mayor o menor coste de la energía, y por otra parte, permitirá al Operador del sistema disponer de un control total para coordinar sus acciones en los periodos en los que se deba poner en práctica las medidas de Gestión Activa de la Demanda. Con este tipo de aparato, lo que se consigue es una mayor interoperabilidad y flexibilidad en el control lo que supone grandes ventajas para la operación de la red.

Como conclusión final para analizar este modelo, el modelo GAD aportará grandes beneficios y ventajas para cada agente del sistema eléctrico y de la sociedad:

**Reguladores** → ya que permite mejorar la seguridad del sistema eléctrico, aumentar la competencia en el mercado de generación y aumentar la eficiencia energética.

**Operadores del mercado** → por causa del impacto de los precios de mercado (beneficio siempre para el usuario final) y la disminución de la influencia de los grandes actores del mercado.

**Operadores del sistema eléctricos** → ya que permite equilibrar el sistema (equidad producción-consumo), gestionar las incidencias o perturbaciones, y hacer un mejor uso de las capacidades de generación y transporte de electricidad.

**Operador del sistema de distribución** → aunque debe incluir servicios de valor añadido para contribuir a rentabilizar las inversiones que implica la Gestión Activa de la Demanda, permitirá liberar congestiones en los momentos de picos de consumo y utilizar de manera más eficiente la capacidad de su red. La Gestión Activa de la Demanda permitirá una más rápida modernización de la red de distribución, lo que facilitará una mayor penetración de generación distribuida, e incrementará la calidad y seguridad de suministro.

**Comercializadores a tarifa** → se ven favorecidos por esta situación ya que cuentan con una mayor facilidad de gestión de riesgos y, también, por existir nuevos posibles negocios.

**Consumidores** → recibirán un beneficio económico por su participación. Además, gozarán de un sistema con una mayor fiabilidad y calidad de suministro, y una mayor oferta disponible de servicios en un mercado más competitivo.

**Sociedad** → aumentará la seguridad de suministro, disminuirán los conflictos internos derivados de la necesidad de incorporar nuevas infraestructuras en zonas delicadas, y reducirá la necesidad de plantas de generación específicas para horas puntas, por lo que tendrá un positivo impacto medioambiental al cesar la operación de dichas centrales.

### 5.1 Gestión Activa de la Demanda en el SECTOR SERVICIOS

Como se ha visto anteriormente, debido a la importancia de este sector, es fundamental tenerlo en cuenta para una correcta Gestión Activa de la Demanda, y sobretodo a nivel de implantación juega un papel determinante dentro del plan de acción dentro del sistema.

Por tanto, es de vital importancia gestionar y controlar el consumo eléctrico de este sector ya que una gran parte de la población está relacionada con él, y además, marca el camino de la evolución económica del país, que tal y como se ha visto anteriormente, este factor guarda una íntima relación con la evolución de la demanda eléctrica.



A nivel nacional, existen programas destinados a la optimización energética apoyados por el gobierno, tales como los Planes de Ahorro y Eficiencia Energética cuyo objetivo de acción trata de controlar y reducir la demanda de energía eléctrica, así como de actuar de forma que la relación con el consumo y el aprovisionamiento de energía sea gestionable, a fin de conseguir ahorrar un 20 % del consumo anual de energía primaria de aquí a 2020, lo que correspondería a un resultado de un ahorro energético de alrededor del 1,5 % al año de aquí al año 2020, y los programas de Gestión de la Demanda eléctrica, realizados o promovidos por planes gubernamentales que se deben aplicar de forma efectiva en este sector para cumplir con la expectativas de éxito de cara al futuro.

En el escenario descrito anteriormente, y como consecuencia del mismo, se establece la necesidad de llevar a cabo en España una gestión y control energético para regular el consumo por parte de todos los sectores económicos, tanto por la industria, como por el transporte y por el Sector Terciario.

El consumo final de energía en España entre los tres sectores económicos citados se distribuye de una forma bastante homogénea. El Sector Terciario, por ser quizás donde exista una menor información y formación al respecto de los tres sectores, debe explotar su capacidad de gestión ya que es donde mayor potencial de ahorro energético existe a través de la mejora de los hábitos de utilización de la energía y/o de la introducción de sistemas de eficiencia energética. El Sector Terciario se compone de dos subsectores denominados servicios y residencial. El subsector servicios está formado por un grupo de establecimientos bastantes dispares entre sí, tales como oficinas, pequeños comercios, supermercados, grandes superficies, restaurantes, hoteles, cines, polideportivos, museos, etc, por lo que su gestionabilidad debe empezar a ser controlable a día de hoy.

#### Uso de la energía en el sector terciario

La energía supone un gasto pero también una necesidad, que puede representar una fracción muy alta en los costes generales en el sector terciario por lo que su gestión supondría grandes ahorros que beneficien enormemente al empresario y al sistema.

Sin embargo, se desconoce dónde y cuánto se consume, no existiendo en general un control sobre el consumo del propio sector terciario o de servicios.

Fundamentalmente, el consumo de energía en el Sector Terciario se produce principalmente en los siguientes sistemas o aplicaciones:

- Iluminación.
- Climatización.
- Equipamiento ofimático.
- Electrodomésticos.

Además, existen otros usos de diferentes dispositivos que representan un porcentaje pequeño en comparación con los anteriores.

En función del tipo de instalación, el tipo y la utilización de la energía, ésta varía de forma considerable. Hay que tener en cuenta que la climatología y los hábitos de cada entorno, como el poder adquisitivo del titular, el horario de apertura y cierre de los comercios, horarios de la red de transporte, etc. son variables que afectan considerablemente al consumo, por lo que los valores facilitados son simplemente de referencia. Estos valores varían significativamente dentro del sector servicios, donde el empleo de la energía puede ser muy variado.

En oficinas, el consumo es fundamentalmente debido a equipos informáticos (ordenadores, impresoras, fotocopadoras, etc.), la iluminación y al sistema de climatización.

En polideportivos, se utiliza gran parte de la energía en calentar el agua de las piscinas cubiertas y en aclimatar su recinto, etc.

En hoteles, el consumo energético está compuesto por un mayor número de usos, como por ejemplo producción de agua caliente, climatización, iluminación, cocina, etc.

En este último caso, se muestra a continuación la distribución típica de energía por usos, a un hotel de 150 habitaciones en España, que cuenta con los servicios de zonas comunes, restaurantes y aire acondicionado en las habitaciones.

TIPO USO	PORCENTAJE USO
Calefacción	12.0 %
Aire Acondicionado	10.4%
Agua Caliente Sanitaria	34.1%
Cocina	12.5%
Fuerza Motriz	19.4%
Iluminación	11.6%

**Tabla 3. Ejemplo de distribución del consumo por usos en un hotel. Datos: Colegio Nacional de Ingenieros del ICAI**

Con todas estas características, y el amplio campo que abarca, el sector servicios es muy importante desde el punto de vista energético, ya que el uso de la energía engloba un gran número de aplicaciones y su gestión y control es sensible de cara a mejorar. Por tanto, un objetivo muy importante en este sector es realizar o tratar de hacer un uso equitativo y racional de la energía que se consume diariamente.

Básicamente, el uso racional de la energía contempla tres tipos de actuaciones: el ahorro, la eficiencia y la diversificación energética.

Cabe indicar que la energía más barata y la única que realmente no contamina y no es perjudicial para el sistema es la que no se utiliza, es decir, la que se ahorra con tal de evitar un gasto o consumo mayor que el ordinario. Por tanto, será fundamental concienciar a los usuarios de que ciertos hábitos implican un gasto prescindible de energía y, a los diseñadores y constructores, de que un edificio equipado con elementos automatizados y aislado térmicamente por ejemplo, es el que menos necesidades futuras va a tener de consumo de energía eléctrica y de combustibles para su funcionamiento.

Todo ello debe realizarse sin alterar el confort de dicho usuarios, para así implantar sistemas de consumo energético eficientes en la vida cotidiana de las personas. En este caso, se intenta emplear la cantidad mínima de energía para alcanzar los niveles de confort deseables. De esta forma, los recursos no se verían tan desgastados y el impacto medioambiental sería reducido. Por último, el uso racional de la energía implica utilizar todas las fuentes energéticas renovables posibles, para reducir el cambio climático y el efecto invernadero producido por aquellas centrales que generan electricidad a partir de combustibles fósiles. Así, se aprovechan mejor todos los recursos naturales, se evita consumir en exceso ciertas fuentes existentes y se minimizan las pérdidas en el transporte y distribución.

#### Gestión energética en el sector terciario

Las fases en las que se divide un plan energético para cumplir con los objetivos marcados de eficiencia y ahorro energético de una instalación son:

- Determinación del estado actual.
- Planteamiento de diferentes alternativas energéticas.
- Valoración económica.

Un Plan de Gestión Energética puede tener diferentes niveles, en función del alcance que se quiera dar a la actuación.

#### Ahorro de energía.

La acción más importante para conseguir el uso racional de la energía es informar y formar a los usuarios de las instalaciones. El ahorro de energía está fundamentalmente en manos de los usuarios y diseñadores de las instalaciones o edificios que se vayan a construir. El éxito de que esto se lleve a cabo depende totalmente de que los usuarios y las personas encargadas del mantenimiento estén suficientemente formados y concienciados para llevar a cabo el empleo correcto de los diferentes equipos e instalaciones. Además, junto con la formación e información, existen otras medidas fundamentales en el ahorro de la energía que afectan directamente a los diseñadores, como son el aislamiento térmico, tanto de edificios como de instalaciones, y el beneficio de utilizar las fuentes naturales existentes.

#### Eficiencia energética.

Estas medidas se pueden aplicar directamente en los equipos. Para ello, se diseñarán y construirán estos equipos con tal de que empleen menos energía para desarrollar su trabajo. Existen actualmente métodos para conseguir elevar la eficiencia de los equipos. Una de las principales tareas de un análisis energético es determinar el estado actual de las instalaciones para detectar posibles implantaciones de sistemas más eficientes.

#### Diversificación de fuentes energéticas.

El empleo de nuevas fuentes de energía es una alternativa muy factible de cara a usar inteligentemente la energía. Aprovechar los recursos naturales próximos ya sea 'in situ' o desde centros de generación distribuida cercanos, tiene como beneficio explotar más equitativamente las diferentes fuentes energéticas aprovechando su diversidad y utilidad, asegurando el suministro al disponer de varias opciones de energía, reducir las pérdidas energéticas en el transporte, disminuir la emisión de sustancias contaminantes a la atmósfera y como efecto colateral aumentar la actividad económica de la región donde se implanten estos modelos.

## 6. ESTADO DEL ARTE DE LOS PROYECTOS EN CURSO.

En este apartado se analizarán diferentes proyectos relacionados con la Gestión Activa de la Demanda para poder comprobar cómo se desarrollaron, cómo se implantaron y las expectativas de futuro que proponen gracias a las conclusiones obtenidas en cada proyecto de cara al futuro.

Se ha tratado de elaborar un estado del arte tanto de proyectos finalizados como de proyectos en curso, de ámbito tanto nacional como internacional, para obtener un trasfondo lo más generalizado posible.

Los proyectos escogidos para el análisis de los mismos son:

- **Proyecto GAD.**
- **Proyecto E-Diana.**
- **Proyecto Fenix.**
- **Proyecto Beywatch.**

El primer proyecto propuesto, el proyecto GAD, tal y como su propio nombre indica trata de instaurar todos los medios descritos en el apartado anterior (5. Gestión Activa de la Demanda) en España. Intervienen multitud de empresas y expertos para desarrollar un sistema que cambie las instalaciones eléctricas actuales, con la motivación de lograr una mejora en la explotación de las redes eléctrica y una mayor eficiencia energética.

El segundo proyecto, el proyecto E-Diana, se trata de una plataforma que se desarrolló con el fin de servir como base futura a otros proyectos o edificaciones, en los que se implante la política de ahorro energético y gestión de la demanda mediante la coordinación entre diferentes agentes interrelacionados en distintos niveles de operación.

El tercer proyecto, el proyecto Fenix, se trata de un plan de desarrollo europeo que busca introducir en los sistemas eléctricos nuevas tecnologías en desarrollo como las denominadas: '*Redes inteligentes*' (*Smart Grids*)<sup>7</sup> y '*Generación Distribuida*'<sup>8</sup>.

Y por último, el cuarto proyecto analizado, el proyecto Beywatch, se trata de un proyecto de investigación desarrollado a nivel europeo que trata de desarrollar soluciones energéticamente centradas en el usuario, que sean capaces de proporcionar energía de forma inteligente mediante técnicas monitorizadas supervisadas por un sistema de control de todo el proceso que proporcione estabilidad y fiabilidad al usuario final.

---

<sup>7</sup> **Redes inteligentes:** interconexiones eléctricas (transporte y distribución) que pueden integrar de forma inteligente el comportamiento y las acciones de sus usuarios, tanto generadores como consumidores, para así distribuir la electricidad de forma eficiente, sostenible, económica y segura.

<sup>8</sup> **Generación Distribuida:** consiste básicamente en la generación de energía eléctrica por medio de muchas pequeñas fuentes de energía caracterizada por encontrarse instalada en puntos cercanos al consumo.

## 6.1. PROYECTO GAD

El proyecto conocido como GAD (Gestión Activa de la Demanda), se encuentra financiado por el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) del Ministerio de Ciencia e Innovación de España, realizando una inversión aproximada de 23 millones de euros. En torno a este proyecto, se encuentran trabajando 15 empresas nacionales y 14 centros de investigación.

Durante los 4 años de investigación del proyecto GAD, se han extraído conclusiones que han permitido conocer las posibilidades que aportaría la futura implantación de la gestión activa de la demanda, junto con las ventajas y desventajas esperadas de este modelo.

### Objetivos

- Gestión activa de la demanda por medio de dispositivos inteligentes que permitan allanar la curva de la demanda y reducir el crecimiento de la misma, mediante planes de eficiencia y ahorro energético dentro del mercado eléctrico español.
- Analizar los diferentes requerimientos de los agentes implicados (Operador del Sistema, Operador de Distribución, comercializadores y los clientes o usuario finales) desarrollando una solución que favorezca lo máximo posible a todos ellos.
- Desarrollo e investigación de dispositivos para ofrecer a los consumidores información relacionada con el precio de la energía y el origen de la misma.
- Investigación necesaria para la optimización del uso de las infraestructuras de transporte y distribución, cuyo objetivo primordial es el de mejorar la calidad de suministro a través de una generación distribuida, pudiendo facilitar de este modo la explotación óptima de la generación de energías renovables.

Impacto esperado en el sistema eléctrico:

- Reducción de los costes de operación del sistema y del usuario.
- Optimización de las infraestructuras que permitan una gestión óptima de los recursos.
- Mejora de la seguridad de suministro.
- Desarrollo de la conciencia de la sociedad acerca del coste de generación en periodos de demanda punta, para que participen de forma activa en la filosofía que propone la Gestión Activa de la Demanda.
- Reducción de la emisión de gases de efecto invernadero, teniendo como meta cumplir con los objetivos marcados por la Unión Europea para el año 2020:
  - **Reducir para 2020 las emisiones globales de gases de efecto invernadero de la Comunidad al menos un 20 %** respecto a los niveles de 1990, 30% siempre que otros países desarrollados se comprometan a realizar reducciones comparables.
  - **Aumentar el uso de energías renovables hasta el 20%** de la producción total.
  - **Reducir el consumo energético en un 20%** con respecto al nivel previsto para 2020 gracias a una mayor eficiencia energética.

### Proyecto GAD. Ficha proyecto.

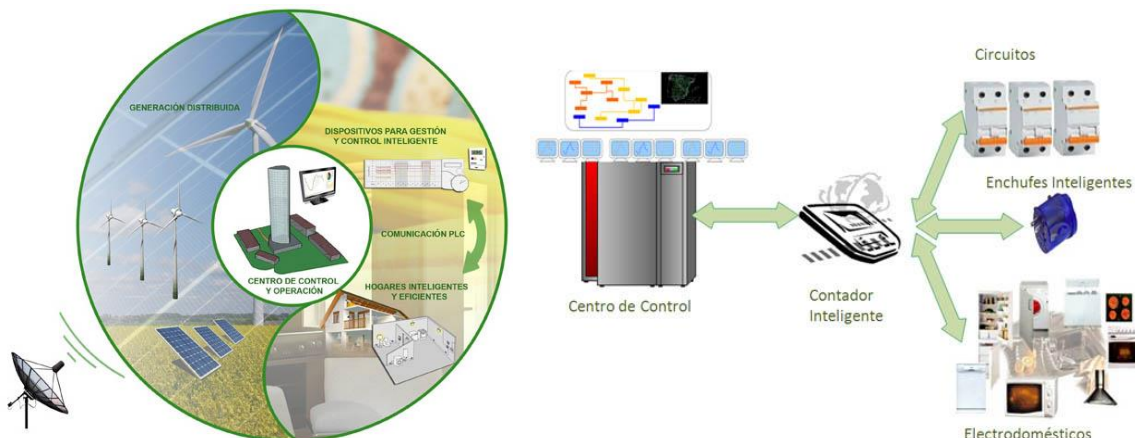
- ✚ 23 M€.
- ✚ 4 años de duración (2007 a 2010).
- ✚ Convocatoria CENIT 2007. CDTI.
- ✚ Ámbito de aplicación nacional (España).

### Consorcio GAD. Participantes

- Empresas Eléctricas.
- Integradores de sistemas de control.
- Fabricantes de contadores.
- Fabricantes de electrodomésticos.
- Desarrolladores de soluciones domóticas.
- Ingeniería de SW y Sistemas.
- Fabricantes de equipos de comunicación.
- 14 instituciones de I+D.

### Arquitectura del proyecto

El esquema que se muestra a continuación muestra el empleo de las TICs (Tecnologías de la información y las comunicaciones) que la Gestión Activa de la Demanda pretende obtener, como medio para mejorar la eficiencia energética de los aparatos eléctricos. Junto con la implementación física de los equipos en las instalaciones que se pretende realizar mediante la Gestión Activa de la Demanda.



**Figura 31. Esquema arquitectura y uso de las TICs proyecto GAD. Fuente Iberdrola.**

Con esto, lo que se pretende realizar es la instalación de contadores inteligentes, para tener una comunicación con un centro de control que se encargue de llevar a cabo la Gestión Activa de la Demanda en función de las señales de consumo o estado de los equipos que reciba de dicho contador.

La arquitectura del proyecto tiene que estar sujeta a las funciones que desempeñan cada uno de los diferentes agentes del sector eléctrico (Operador del Sistema, Operador de Distribución, comercializadores y los clientes o usuarios finales).

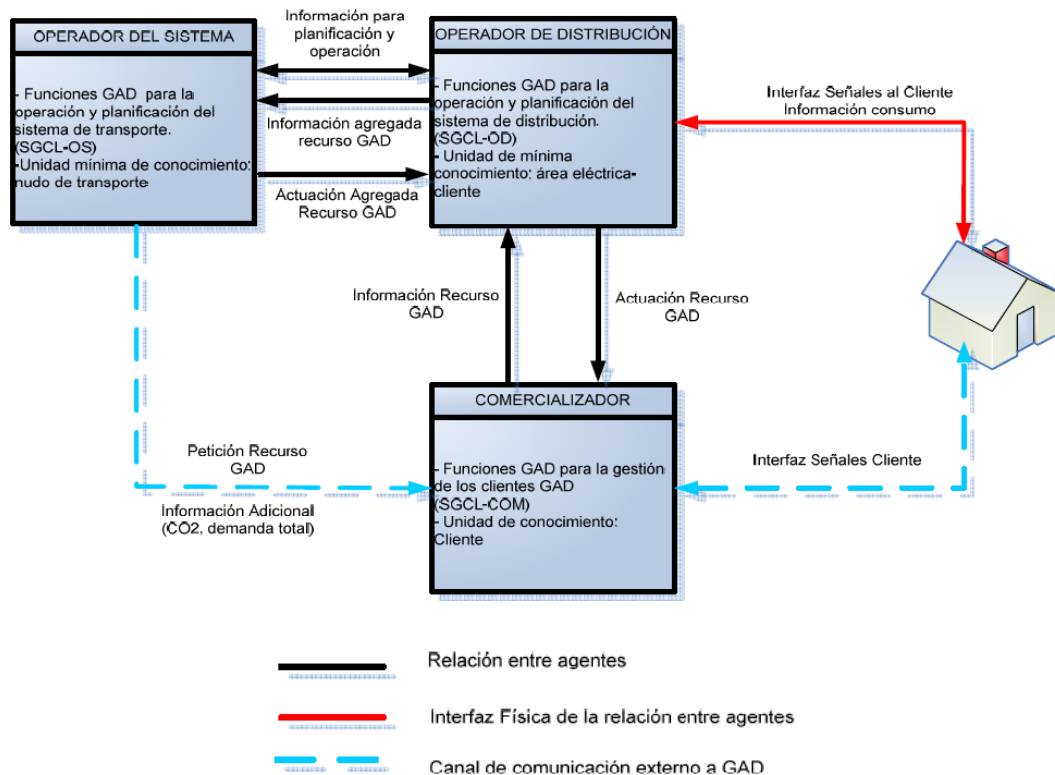


Figura 32. Esquema operación proyecto GAD. Fuente Iberdrola.

Mediante esta actuación coordinada de los agentes se pretende maximizar los beneficios de todos los agentes presentes en la gestión.

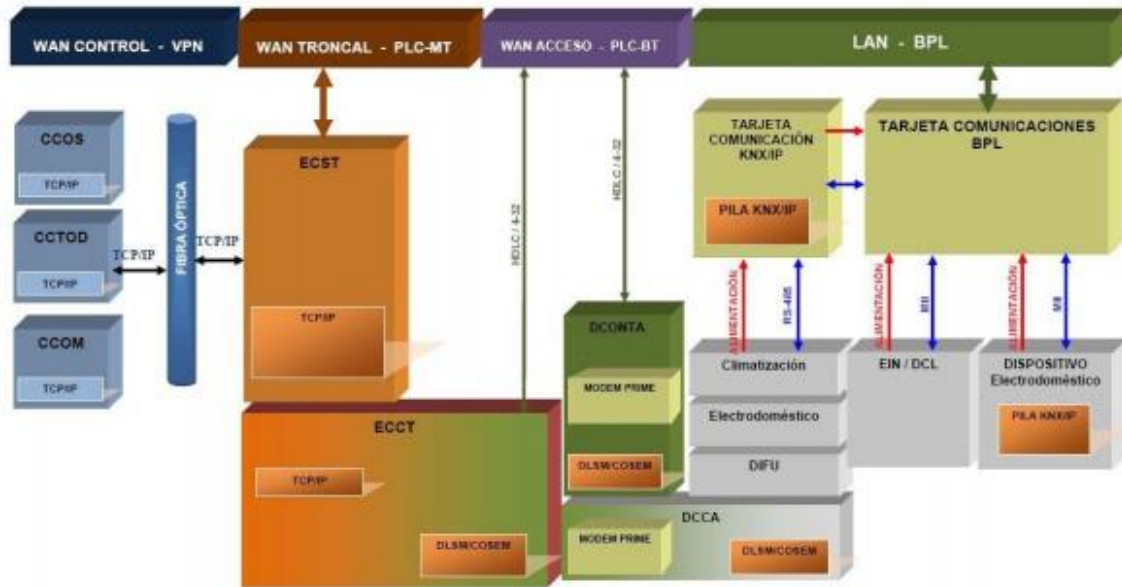
Para conseguir que la gestión sea efectiva el proyecto GAD ha decidido llevar a cabo un modelo de gestión “automático”, para el cual hay que definir un conjunto de dispositivos de control así como diferentes funciones que no se desempeñaban con anterioridad.

En primer lugar se definen dos tipos de señales:

- 1) *Señales de precio* → las cuales tendrían forma de vectores, con resolución horaria, y que llegarían al usuario con un día de antelación para de este modo poder gestionar el consumo de la vivienda a través del gestor de cargas.
- 2) *Señales técnicas* → las cuales tendrían su origen en incidencias causadas en la operación de las redes de transporte y distribución. Como consecuencia de ello, este tipo de señales llegarían desde la empresa encargada de la distribución, y tendrían que hacer uso de la flexibilidad en el consumo que los comercializadores han contratado a sus clientes.

En cuanto a las comunicaciones necesarias entre los diferentes agentes, se muestra en el siguiente esquema:





**Figura 33. Esquema comunicaciones entre agentes proyecto GAD. Fuente Iberdrola.**

- **CCOM** → Centro de Control Territorial de la Comercializadora.
- **CCTOD** → Centro de Control Territorial del Operador de Distribución.
- **CCOS** → Centro de Control Territorial del Operador del Sistema.
- **ECST** → Equipo de Comunicaciones de Subestación Transformadora.
- **ECCT** → Equipo de Comunicaciones de Centro de Transformación.
- **DCONTA** → Dispositivo Contador de Energía.
- **DCCA** → dispositivos de control de cargas.

Las comunicaciones se dividen en cuatro grandes bloques:

- **WAN de control** → que se encarga de las comunicaciones entre los centros de control del Operador del Sistema, el Operador de Distribución y los comercializadores.
- **WAN troncal** → se encarga de las comunicaciones entre el centro de control del operador de distribución (DCONTA en el esquema) y los dispositivos de control de cargas de las viviendas.(DCCA en el esquema)
- **WAN de acceso** → es la comunicación existente entre los contadores inteligentes y los dispositivos de control de cargar de las viviendas (elemento representado como DCCA) con los centros de transformación.
- **LAN** → son las comunicaciones existentes dentro de las residencias.

## Resultados del proyecto

- ✓ Caracterización de electrodomésticos, usuarios y redes más inteligentes y auto gestionables.
- ✓ Análisis legislativo y económico de la Gestión Activa de la Demanda. Relación y funcionalidades de los agentes y usuarios.
- ✓ Desarrollo Software y algoritmia para considerar la gestión de la demanda como recurso de gestión de red en los centros de control de los agentes.
- ✓ Desarrollo Hardware necesario desde los centros de control hasta el hogar de los usuarios para la implementación de la gestión de la demanda.

- ✓ Especificación arquitectura de comunicaciones. Importancia utilización TICs (Tecnologías de la información y comunicación).
- ✓ Próximas acciones:
  - Pruebas de concepto y tecnológicas.
  - Propuestas de actuación.
  - Industrialización.

### Conclusiones

Tras la finalización del proyecto se ha llegado a la conclusión que la tecnología necesaria para la implantación de la GAD es una tecnología existente y como consecuencia de ello, se trata de un proyecto viable, para el cual habría que definir un tipo de arquitectura para cada usuario en función de las necesidades del mismo.

Los estudios realizados durante el proyecto han demostrado que la tipología de las cargas las define como gestionables o no gestionables, siendo el control, en estas últimas reducido ya que únicamente se podrá conocer el consumo, el estado, etc.

Uno de los puntos del proyecto reside en reducir el consumo de las cargas en stand-by, para poder cumplir la normativa vigente que establece los consumos máximos que los electrodomésticos deben tener tanto el modo “stand-by” como el modo “desactivado”.

Uno de los principales inconvenientes con los que se encuentra la Gestión Activa de la Demanda es la inversión inicial que se tiene que realizar.

Para poder llevar a cabo la Gestión Activa de la Demanda es necesario la implementación de sistemas de control que mediante algoritmos nos permitan regular tanto la tensión como los flujos de potencia, y para ello se han implementado diferentes aplicaciones software que nos facilitaran dicho control.

Por tanto, tanto las fases de industrialización de los prototipos diseñados, así como las campañas de concienciación y promoción son elementos clave a tener en cuenta en la implantación del servicio de la Gestión Activa de la Demanda.

De esta forma, a través de los datos recibidos por la monitorización de los consumos, el análisis de los resultados de otros modelos, etc., se busca obtener conclusiones acerca de la aptitud y competencia de los desarrollos llevados a cabo.

## 6.2. PROYECTO E-Diana

### Antecedentes del proyecto

Más del 40% del consumo de energía en Europa está relacionada con los edificios (residencial, público, comercial e industrial).

El Plan de Acción para la Eficiencia Energética Energética<sup>9</sup> estima que el coste efectivo de la energía tendrá un potencial de ahorro en la zona residencial de un 27% y en edificios comerciales de un 30%.

Avanzadas, flexibles e integradas, las TICs (Tecnologías de la Información y Comunicación utilizadas para gestionar telemáticamente los intercambios de información) están basadas en sistemas de gestión energética tanto para los edificios nuevos y antiguos, en combinación con el control generalizado de los recursos básicos (iluminación, calefacción y ventilación), no sólo ayudarán a reducir el consumo de energía coordinando los diferentes agentes que presente el modelo de la gestión de la demanda real, sino también a aumentar la seguridad y el confort.

Estos sistemas (incluyendo contadores inteligentes y la visualización avanzada del estado del consumo) pueden recopilar información de manera continua sobre lo que está ocurriendo en un edificio, y cómo están trabajando los equipos, gracias a un sistema de control que permita optimizar el rendimiento energético. Al mismo tiempo, con un consumo de energía responsable, se espera estimular cambios de conducta y hábitos de consumo, tanto en los hogares como a nivel de empresa.

### Descripción del proyecto

Ediana, es un proyecto que se puede definir como la implantación de sistemas integrados para edificios energéticamente eficientes, que responde a la necesidad de lograr la eficiencia energética en los edificios a través de soluciones innovadoras basadas en sistemas integrados.

### Objetivos del Proyecto

Este proyecto es una iniciativa fuertemente orientada a la aplicación focalizada en la conceptualización, el diseño, el desarrollo, la demostración y validación de nuevos dispositivos que operan en una plataforma uniforme llamada Ediana, con la integración de dispositivos inteligentes, instalados en edificios residenciales y edificios no residenciales para la mejora de su eficiencia energética, dotando a los equipos de mejoras para que su consumo sea razonablemente adaptado a las necesidades del usuario y del sistema.

Se puede afirmar que el objetivo principal de Ediana es permitir que la vida urbana en los edificios y zonas habitables sea sostenible a través de la racionalización en el uso de los recursos, pero tratando de aumentar o mantener el confort en las zonas urbanas comunes para todos los ciudadanos por medio de tecnologías de integración.

---

<sup>9</sup> **Plan de Acción para la Eficiencia Energética Energética:** objetivo del plan de acción es controlar y reducir la demanda de energía eléctrica, así como actuar de forma que la relación con el consumo y el aprovisionamiento de energía sea gestionable, a fin de conseguir ahorrar un 20 % del consumo anual de energía primaria de aquí a 2020, lo que correspondería a un resultado de un ahorro energético de alrededor del 1,5 % al año de aquí al año 2020

Por tanto, el enfoque Ediana es considerar la energía como una prioridad tratándola como un bien escaso, y obtener mayor flexibilidad en la asignación de recursos.

Aunque este tipo de sistemas existen actualmente, su eficacia y disponibilidad está limitada a menudo por una falta de interoperabilidad entre usuarios, lo que lleva a la fragmentación del sistema integrado limitando sus funcionalidades, y que por tanto, el impacto general sea limitado e ineficaz.

La plataforma Ediana se basa en unas células (salas / unidades de trabajo), que forman parte de unos elementos de mayor magnitud denominados Macrocélulas (edificios), que se conectarán a otras en una red más compleja, en un distrito o área urbana. Tanto las células y macrocélulas se basarán en tecnologías integradas (dispositivos, sensores, software de control, middleware de integración, protocolos, métodos y herramientas de diseño, arquitecturas de referencia, etc...) para entregar las funciones de gestión de energía necesarias para cumplir los objetivos del proyecto Ediana.

Ediana, como parte de la iniciativa tecnológica ARTEMIS<sup>10</sup> sobre sistemas de computación integrados, trata de diseñar un modelo técnico de referencia, y nuevas arquitecturas que se adapten a las nuevas condiciones. Estos procesos se evaluarán a través de actividades de demostración intensivas: en primer lugar en una fase pre-industrial, la validación de la integración técnica de los distintos módulos desarrollados en diferentes partes del proyecto, y en segundo lugar, en una demostración a escala real en cuatro pilotos diferentes a través de diferentes emplazamientos europeos, incluyendo escenarios residenciales y no residenciales.

#### Consorcio

- I. ACCIONA (Coordinador)
- II. ATOS ORIGIN
- III. ELSAGDATAMAT
- IV. FAGOR
- V. Fidelix
- VI. GAIA
- VII. I & IMS
- VIII. INFINEON TECHNOLOGIES
- IX. PHILIPS Apptech
- X. Philips Consumer Lifestyle
- XI. PHILIPS Investigación
- XII. QUINTOR
- XIII. ST Microelectronics
- XIV. ZIV
- XV. Centros de investigación:
- XVI. ESI
- XVII. IKERLAN
- XVIII. LABEIN
- XIX. VTT
- XX. Universidades:
- XXI. Mondragon Unibertsitatea
- XXII. Universidad de Bolonia
- XXIII. Universidad de Roma La Sapienza

---

<sup>10</sup> ARTEMIS → es el nombre de marca de un desarrollo de software basado en la planificación de proyectos y herramientas de gestión.

La Plataforma Ediana es:

- Un modelo de referencia basado en la arquitectura de los edificios urbanos.
- Implementado a través de un proceso abierto '*middleware*'<sup>11</sup>.
- Incluyendo las especificaciones, el diseño, los métodos, herramientas, estándares y procedimientos para la validación de la plataforma y la verificación de los resultados.

#### Modelo arquitectónico

La plataforma Ediana permitirá la interoperabilidad entre los heterogéneos dispositivos en dos niveles:

- Célula (sala / unidad de trabajo como un apartamento u oficina).
- Y Macro células (edificios residenciales y no residenciales).

#### Objetivos de aplicaciones

Aplicación 1:

- Mejorar la eficiencia energética y optimizar el consumo de energía de los edificios aproximadamente un 25%.
- Habilitar la producción y almacenamiento de energía en un edificio (viviendas, oficinas, edificios públicos, etc) y proporcionar mediciones en tiempo real, la integración y el control.

Aplicación 2:

- Mejorar el confort, haciendo que el usuario sea consciente y controle el consumo mediante políticas energéticas de los dispositivos del hogar (iluminación, la electrónica interna, etc). Para ello se emplearán métodos automatizados y la domótica será la base de construcción de las futuras viviendas para adaptar el programa en su totalidad.

Aplicación 3:

- Habilitar el edificio para convertirse en una "Macrocélula activa" de la energía de la red, conectado a otras macrocélulas similares en un distrito o área urbana, como un consumidor de energía pero también como productor, mediante la inclusión de los medios técnicos para un usuario estándar y no mediante técnicas para convertirse en un "prosumer" (productor y consumidor).

#### NORMALIZACIÓN Y EXPLOTACIÓN

Se necesita una serie de requisitos regulatorios para poner en marcha el proyecto:

- Investigación pre normativa sobre sistemas integrados hacia la estandarización, con una importante participación en organismos de normalización diversos como HES, CENELEC, CEN, X10, ETSI, ITU o IEEE.
- Identificar y formalizar la línea de base Ediana y especificaciones.

---

<sup>11</sup> Middleware → es un software que asiste a una aplicación para interactuar o comunicarse con otras aplicaciones, software, redes, hardware y/o sistemas operativos.

- Requisitos funcionales y no funcionales del sistema, incluyendo indicadores de operatividad, modelos y técnicas para la integración de sistemas para la mejora de la eficiencia energética en los edificios.
- Formalización y aplicación de los requisitos del nuevo modelo mediante técnicas de gestión que estarán vinculadas con la industria relacionada, por lo que se emplearán normas y técnicas como las TIC, la energía, la gestión de edificios y seguridad, y fomentar el uso de varios dominios ideados por la plataforma E-Diana.
- Replicación y la explotación de los resultados del proyecto de la plataforma E-diana para que sea sostenible con el ecosistema en el que se implante.

Concepto 'Embedded' Tecnologías (integradas).

- Definir la Arquitectura de referencia y la plataforma E-diana para desarrollar la conectividad sin interrupciones de tecnologías E-diana 'middleware'.
- Desarrollar la célula Plataforma E-diana y dispositivos nivel MACROCELL.
- Aplicar nuevas técnicas, métodos y herramientas de asistencia a las pruebas, validación y verificación de los procesos.

#### Escenarios de aplicación

Validar plataforma Ediana a través de:

❖ Demostración Pre-industrial:

- Dos instalaciones específicas se utilizarán como demo-laboratorios: banco de pruebas de las comunicaciones (Universidad de Bologna - Italia) y HomeLab (FAGOR-España).

❖ Real demostración a escala:

- Cuatro demostraciones en zonas climáticas diferentes (dos edificios de viviendas en Eindhoven y Helsinki, y dos edificios de oficinas en Madrid y Espoo).

#### SOBRE EL PROYECTO

- Proyecto de inicio: 01 de febrero 2009.
- Duración del proyecto: 36 meses.
- Coste total: 17,3 millones de €
- Contribución de las autoridades nacionales: 4,6 M €
- Contribución Artemis JU: 2,6 M €.

## 6.3. PROYECTO FENIX

FENIX es un proyecto de colaboración europeo, financiado en parte por la Comisión Europea dentro del 6º Programa Marco de Investigación. Su programación y características son:

- Año → octubre de 2005.
- Duración → 4 años (finalizado en 2009).
- Consorcio → 20 socios.
- Presupuesto total → 14,7 M€.

Este proyecto tiene una misma base fundamentada con los descritos anteriormente, esencialmente por tres factores principales: la liberalización del mercado eléctrico, la implantación de nuevas tecnologías para cumplir con los objetivos medioambientales y los futuros usos de la electricidad.

Hacen referencia a la implantación del concepto de: **Redes inteligentes (Smart Grids) y Generación Distribuida.**

En Europa existe la Plataforma de Tecnología Europea de Redes Inteligentes (ETP SmartGrids, por sus siglas en inglés), que define las redes inteligentes como las interconexiones eléctricas (transporte y distribución) que pueden integrar de forma inteligente el comportamiento y las acciones de sus usuarios, tanto generadores como consumidores, para así distribuir la electricidad de forma eficiente, sostenible, económica y segura. Para ello, estas redes se componen de productos y servicios innovadores, así como de sistemas novedosos de automatización, control y comunicación.

El proyecto Fenix surge a partir de esta plataforma, y busca estimular las fuentes de energía distribuida (DER, por sus siglas en inglés) y energías renovables locales (RES) maximizando su contribución al sistema eléctrico a través de su inclusión en las llamadas Centrales Eléctricas Virtuales (en inglés, Virtual Power Plant 'VPP') y de su gestión descentralizada.

Esta inserción permite que las fuentes de energía distribuida y energías renovables locales ganen acceso y visibilidad en el mercado eléctrico, por lo que se hacen más tolerantes y controlables que si estuvieran aisladas unas de otras. Estos sistemas dan solución a dos problemas ligados a las DER y las RES los cuales son:

1. Altos costes derivados de una política aplicada hasta hoy de "fit and forget" (una forma pasiva de conectar los generadores distribuidos a la red, que no permite alcanzar economías de escala).
2. La gestionabilidad de estas fuentes de energía, que no son independientes sino que requieren que el recurso esté disponible, por lo que necesitan el apoyo en numerosas ocasiones de otras centrales más flexibles, como son las de ciclo combinado o térmicas de carbón (más contaminantes y caras).

Los principales retos de investigación del proyecto Fenix son:

- Identificar la contribución potencial de las unidades de generación distribuida a las redes europeas, todo ello a un coste provechoso para todos los agentes participantes.



- Identificar las necesidades de la red y la forma de satisfacerlas utilizando unidades DER.
- Investigar el planteamiento de adición de una central eléctrica virtual (VPP) para sobreponerse al reducido tamaño de las unidades DER, y su comportamiento no determinista.
- Revisar las normas regulatorias y las relaciones contractuales entre los distintos participantes (unidad operadores DER, agregadores, operadores de redes y mercados), para mejorar la contribución de las unidades DER a la red de forma efectiva, consiguiendo un equilibrio económico equitativo para el sistema y todos los participantes.
- Desarrollar una arquitectura de las TIC (Tecnologías de la Información y Comunicación) para hacer que funcione:
  - A nivel DER.
  - A nivel de VPP.
  - A nivel de los operadores del sistema.
- Situar el proyecto en dos emplazamientos físicos:
  - Reino Unido (organizado por EDF Energy)
  - España (presentado por Iberdrola) complementados por demostraciones de laboratorio (ISET, IDEA).

Se resume el enfoque del proyecto FENIX a: el desarrollo de una central eléctrica virtual (VPP) como mecanismo de entrega para la integración de las fuentes de energía distribuida (DER) y la respuesta a la demanda en tiempo real.

Por tanto, el objetivo final del proyecto Fenix es el de idear, diseñar y demostrar la arquitectura técnica y el marco comercial que permitiría a las fuentes de generación distribuidas de energía convertirse en actores protagonistas del suministro eléctrico en la UE.

En España, este proyecto tiene una expresión concreta en una VPP ubicada en la provincia de Álava, cuyo triple objetivo es el de participar en el mercado diario de la electricidad de forma que se pueda prever su producción eléctrica al menos con un día de antelación; ofrecer servicios auxiliares a dicho mercado, y contribuir a establecer los niveles de voltaje en el transporte y la distribución.

Principales resultados:

1. Desarrollo de un concepto VPP que se adapte en el sistema eléctrico europeo.
2. Desarrollo de una arquitectura de herramienta de la información y de la comunicación que sea regulable y flexible jerárquicamente.
3. Desarrollo de nuevos componentes de hardware y aplicaciones de software de los principales fabricantes europeos que realizan el concepto VPP.
4. Desarrollo de un marco comercial y regulatorio que permita la integración beneficiosa del concepto VPP en el futuro sistema eléctrico europeo.
5. Costes-Beneficio → cuantificar los beneficios económicos del concepto VPP.
6. Demostración del concepto VPP en dos demostraciones de campo en redes reales de España y el Reino Unido, complementados por demostraciones de laboratorio y simulaciones que demuestran la viabilidad del concepto desarrollado VPP.

## 6.4. PROYECTO BEYWATCH

BeyWatch es un proyecto de investigación desarrollado a nivel europeo con una duración de 30 meses, que cuenta con el apoyo de la Comisión Europea con el objetivo de utilizar las herramientas TIC para la gestión ambiental y la eficiencia energética.

BeyWatch trata de desarrollar soluciones energéticamente centradas en el usuario, que sean capaces de proporcionar energía de forma inteligente mediante técnicas monitorizadas con un sistema de control para permitir el equilibrio de la demanda de energía en los edificios o a nivel de un área determinada.

Para alcanzar los principales objetivos del proyecto, BeyWatch ha promovido las siguientes operaciones:

1. Diseño de electrodomésticos con un consumo de energía ultra-bajo.
2. Aplicar métodos, técnicas y acciones para reducir el consumo de energía de forma inteligente y ecológica, en bloques de casas o conjuntos de edificios mediante el control inteligente de los dispositivos eléctricos.
3. Generar agua caliente y electricidad a partir de fuentes de energía renovables a nivel del edificio mediante tecnologías de generación distribuida.
4. Elaborar planes de negocio y el sistema de soporte de negocios (en inglés BSS: Business Support System) de las aplicaciones que ayudarán a los usuarios y proveedores a alcanzar los contratos beneficiarios para los agentes implicados.
5. Motivar a la conciencia del usuario, para conseguir menos emisiones de CO<sub>2</sub> en la cadena de valor de la energía (producción, transporte, distribución, suministro), y un medio ambiente más limpio.

### Aplicaciones

- ✓ Cooperación entre los usuarios de servicios públicos y la red.
- ✓ Uso de contadores inteligentes.
- ✓ Beneficiar a los usuarios (mejores precios) y satisfacer las necesidades de servicios públicos (balance de carga, picos de energía).
- ✓ Generación verde de energía y ahorro de energía.
- ✓ Mejores contratos, lo que implica un ahorro de dinero en la factura de energía final.
- ✓ Fácil monitoreo y control de electrodomésticos a través de una interfaz gráfica de usuario.

### OBJETIVOS

La energía es esencial en casi todos los aspectos de la vida y juega un papel importante en las emisiones globales que están suponiendo graves efectos sobre el clima y la economía global.

En este contexto, BeyWatch apoya activamente las propuestas de la Comisión Europea para ahorrar 20% del consumo energético de la UE, a través de planes que impliquen una mayor eficiencia energética para el año 2020 como fecha de referencia.

El punto de partida de la política energética BeyWatch es ahorrar energía haciendo que los usuarios tomen conciencia de sus gastos de energía, lo que les permite controlar de forma inteligente el consumo de energía eléctrica en el hogar o edificios comerciales en los principales usos (climatización, iluminación y ventilación). Por tanto, BeyWatch pretende

distribuir eficientemente el sobrante de energía ahorrada por un edificio y transferirla al nivel vecino para no desperdiciar dicha energía, lo que permite el equilibrio en el consumo de electricidad a nivel usuario, y flexibles contratos con las compañías de energía eléctrica.

Gracias a la mejora de la eficiencia energética de las viviendas y los comercios, BeyWatch tiene como objetivo reducir las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y la cantidad de dinero en las facturas de energía.

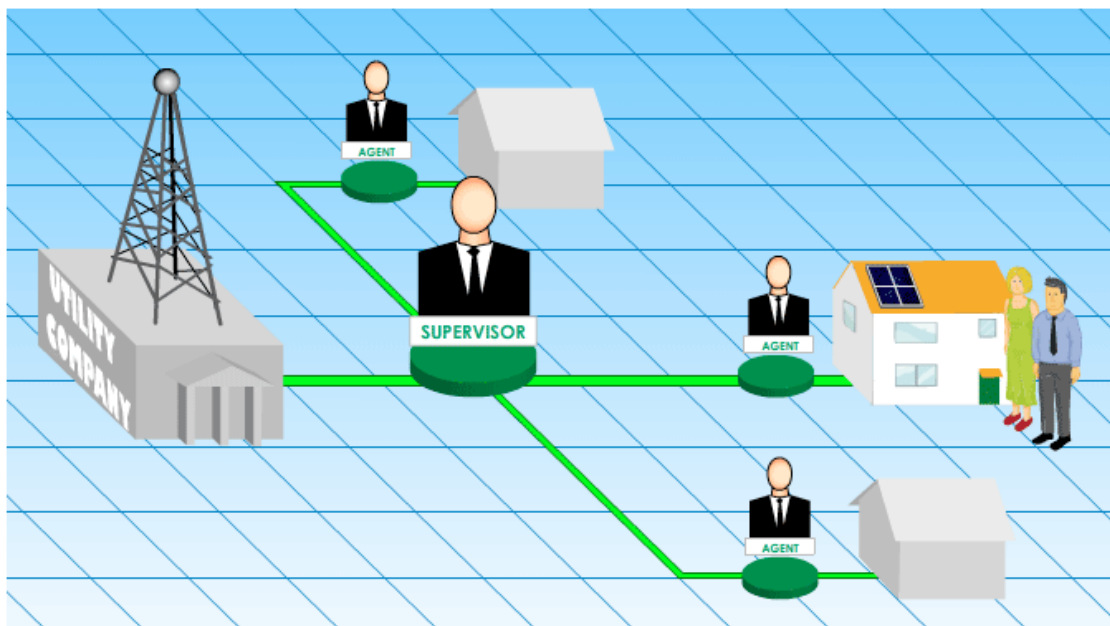


**Figura 34. BeyWatch concepto beneficios usuario y medioambiente. Fuente BeyWatch**

El proyecto BeyWatch tiene como objetivo diseñar, desarrollar y evaluar un innovador modelo de energía responsable, que suponga una solución flexible y centrada en el usuario, capaz de proporcionar un monitoreo interactivo con los electrodomésticos, mediante técnicas de control inteligente y el equilibrio de la demanda de energía a nivel hogar, por bloques o áreas.

La cuestión fundamental en el control de la energía es el seguimiento de los diversos elementos y dispositivos de consumo de energía, así como la programación de su funcionamiento con el fin de minimizar los picos de demanda, equilibrar las cargas, y en última instancia lograr predecibles perfiles de consumo de energía a gran escala. BeyWatch trata de desarrollar una plataforma interactiva para el control y la programación de la energía que consumen los aparatos y equipos. La aplicación de BeyWatch, implicará un perfil de consumo mucho más equilibrado y en considerables beneficios de conservación de energía, a nivel local (piso, casa, oficina o edificio único), así como para ampliar la región geográfica (grandes edificios, zonas y barrios). El proyecto implementará un sistema de aparatos que permitan un control distribuido que presentará opciones para optimizar el funcionamiento y la programación de los aparatos en función de diferentes acontecimientos. También será capaz de actuar de forma automática en un único nivel de condiciones dependiendo del modelo del edificio incorporado en el controlador.

Es importante señalar que BeyWatch no aplicará desde cero todos estos componentes y módulos, ya que se basa en productos existentes y estudios ya disponibles, como la investigación de base y el desarrollo o la experiencia en este campo de los miembros del consorcio.



**Figura 35. BeyWatch Arquitectura y Relación jerárquica entre agente. Fuente BeyWatch**

De forma más detallada, los objetivos técnicos están previstos los siguientes:

1. Estudiar y especificar el consumo de energía y los modelos de demanda de potencia.
2. Diseño y prototipo de tres productos de ultra-bajo consumo de energía.
3. Especificar los servicios correspondientes y elaborar los métodos de interconexión.

Para ello, Beywatch debe estudiar, analizar, evaluar y validar los resultados, así como la realización de estudios de casos y modelos de negocio para la amplia adopción de la plataforma y los servicios propuestos.

Participar y contribuir en los esfuerzos de normalización, directrices y reglamentos especiales para el seguimiento y control del consumo de energía y la demanda de energía, con vistas a la supresión de picos y suavizar el consumo.

La metodología utilizada para las pruebas de usuario se llama CDI (siglas en inglés cuyo significado es 'Innovación Orientada al Cliente'), desarrollado por 'Telefónica Investigación y Desarrollo', con el fin de garantizar que los nuevos productos y servicios sean convenientes para con el cliente, para que haya luz verde en lo que se refiere a la viabilidad tecnológica del proyecto, y también a la viabilidad del negocio.

Conveniencia → implica entender al cliente. Hay muchos enfoques diferentes para servicios de eficiencia energética, pero sólo aquellos que establezcan una relación natural y fácil con el cliente serán adoptados y utilizados.

Viabilidad → La aplicación de la nueva tecnología suele ser muy atractiva, pero la tecnología tiene que ser lo suficientemente fiable como para ser estable y transparente para el usuario, y se pueda integrar fácilmente en el mercado.

La viabilidad implica servicios de éxito que tienen que generar beneficios en un ámbito social, económico y ambiental. Aplicado al proyecto BeyWatch, viabilidad significa:

- Prestación económica para el usuario: gastar menos en la factura eléctrica.
- Prestación económica por el operador de la red: una mejor utilización de la red de distribución.
- Control de cargas a fin de evitar los picos de demanda, y por lo tanto disminuyendo el uso de electricidad cuando el precio de producción es más caro.
- Prestación económica por el operador de telecomunicaciones: agregando valor a la conectividad de banda ancha.
- Beneficios sociales y ambientales: preservar el medio ambiente, la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, facilitar la integración de fuentes de energías renovables distribuidas, etc.

Participantes:

- TELEFONICA INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO SA, ESPAÑA.
- SYNELIXIS LYSEIS PLIROFORIKIS AUTOMATISMOU & TILEPIKOINONION MONOPROSOPH EPE. GRECIA.
- ADVANTICA LIMITED, REINO UNIDO.
- ELECTRICITÉ DE FRANCE S.A., FRANCIA.
- GORENJE GOSPODINJSKI APARATI D.D., ESLOVENIA.
- UNIVERSITA DEGLI STUDI DI PALERMO, ITALIA.
- SIGMA CONSULTANTS, FRANCIA.
- FAGOR ELECTRODOMESTICOS S. COOP., ESPAÑA.

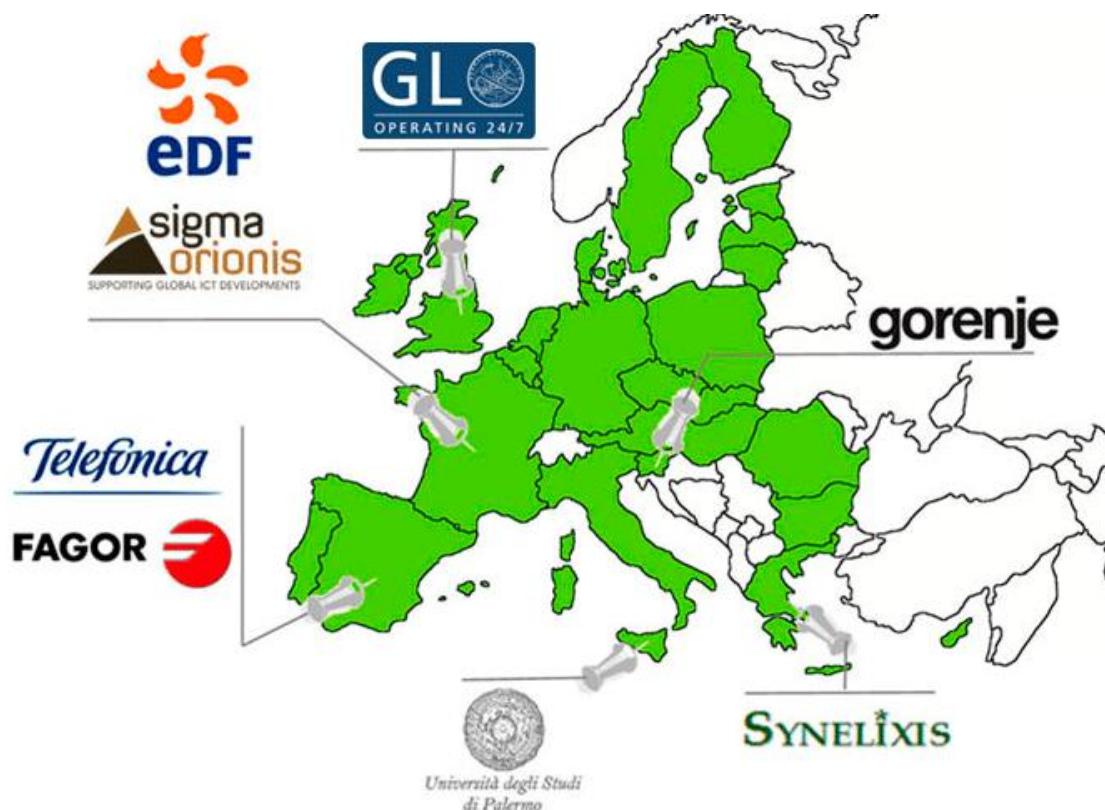


Figura 36. Consorcio participantes BeyWatch. Fuente BeyWatch

## 7. MODELO DE IMPLANTACIÓN REAL en ESPAÑA

En este apartado del trabajo fin de grado se realiza un estudio sobre un caso real de aplicación de la gestión activa de la demanda en un entorno propio del sector servicios. Para ello, se ha elegido un edificio común de oficinas que refleje la rutina diaria de una jornada laboral.

En primer lugar, se procede a describir los elementos que demandan energía eléctrica en la oficina y sus hábitos de consumo, para posteriormente poder realizar el estudio en sí.

Se ha supuesto una serie de electrodomésticos que varía en función del tipo de oficina o negocio correspondiente, pero en este estudio se realizará un caso en concreto, lo más generalizado posible. Los electrodomésticos más comunes que se pueden encontrar en una oficina habitual son los siguientes:

- ✚ **Iluminación:** la demanda producida por la iluminación varía a lo largo del día ya que es una demanda puntual. Es un factor que depende de la arquitectura del local, la época del año o la orientación hacia el sol del edificio para aprovechar la luz natural. Aun así, se ha supuesto que en un local simple de oficinas la iluminación empieza a funcionar con el comienzo de la jornada laboral y manteniéndose constante durante dicha jornada exceptuando el descanso existente en las horas del mediodía (14-16h), excepto en la sala del comedor.
- ✚ **Termo eléctrico** para el almacenamiento de agua caliente: los termos permiten calentar agua y almacenarla a una temperatura determinada. El ahorro energético suele ser mayor que en el uso de agua caliente sin acumulación ya que el consumo de energía en el caso del uso del termo solo se realiza para calentar el agua que se ha almacenado (produciendo este consumo de energía a la hora que se considere oportuna), mientras que sin termo eléctrico es necesario calentar el agua cada vez que esta se demande.
- ✚ **Calefacción eléctrica:** se trata de radiadores eléctricos que funcionan gracias a una resistencia que se calienta debido al paso de la corriente eléctrica, calentando de este modo el aire que se transmite por convección y permite climatizar la sala en la que se encuentre. Su demanda varía en función de la época del año, siendo elevada y más o menos continua a lo largo del día durante los días de invierno, mientras que su uso durante los días de verano es nulo o en cualquier caso ocasional. Normalmente su consumo característico se inicia con el comienzo de la jornada laboral y manteniéndose constante durante dicha jornada, exceptuando el descanso existente en las horas del mediodía (14-16h).
- ✚ **Bomba de calor:** es un sistema de calefacción diferente al de las tradicionales calderas o al de los radiadores eléctricos. Su funcionamiento es similar al de los frigoríficos o aires acondicionados, absorben el calor de un sitio y lo expulsan a otro, siendo en general más eficientes que otros sistemas de climatización de los hogares. Para dar un carácter lo más 'eléctrico' posible al estudio, se ha descartado la utilización de este sistema de climatización.
- ✚ **Frigorífico:** su consumo se produce a lo largo de todo el día, ya que tiene que estar conectado para que el compresor pueda mantener la temperatura óptima en el frigorífico. A pesar de ello, su consumo no es constante a lo largo de todo el día ya que consume más o menos en función de las variaciones de temperatura que se produzcan, es decir, no consume lo mismo un frigorífico que se abre una vez al día que



uno que se está abriendo numerosas veces a lo largo del día, ya que en este se producen mayores variaciones y cambios de temperatura, lo que provoca que el compresor tenga que demandar mayor cantidad de energía para poder mantener la temperatura.

- ✚ **Congelador:** sus características se podrían considerar similares a las de un frigorífico, solo que su uso no suele ser tan elevado como el del frigorífico. En el estudio, el frigorífico y el congelador se englobarán en un único electrodoméstico considerado como frigorífico-congelador.
- ✚ **Aire acondicionado:** su demanda es característica de los meses de verano, por lo que en este estudio no se tendrá en cuenta su demanda. A pesar de ello se puede decir que su consumo se maximiza durante las horas centrales del día, en las que el calor es más elevado.
- ✚ **Televisión:** se trata de un electrodoméstico cuyo consumo va aumentando de forma progresiva entre las 13:00 y las 00:00 horas dándose su mayor consumo tras la hora de la cena. Sin embargo, el consumo de este aparato es nulo durante las horas nocturnas y reducido durante las primeras horas del día debido a que normalmente el hogar se encuentra vacío durante estas horas, en el caso de que no haya ninguna persona que permanezca en el hogar.
- ✚ **Microondas:** Su utilización está muy definida, tratándose de un electrodoméstico que actúa bajo demandas puntuales de los usuarios. Calentar un café o la hora de la comida son períodos en los que su utilización será clave por lo que se tendrá que hacer una estimación de lo que supone su consumo a lo largo del día.
- ✚ **Stand-by:** es un consumo que se produce en diferentes aparatos electrónicos como el televisor, el aire acondicionado, ordenadores, cargadores, etc. Este consumo se produce ya que estos electrodomésticos se encuentran conectados a la espera de recibir órdenes mientras se encuentran apagados, y por ello demandan energía eléctrica. El consumo de energía por Stand-by en un local u oficina es alto debido a la cantidad de apartados ofimáticos que dispone, por lo que se estima que es alrededor del 10% del consumo eléctrico total. Señalar que su consumo es prácticamente constante a lo largo de todo el día.
- ✚ **Miscelánea:** en este apartado se engloban el resto de aparatos relacionados con aquellos pequeños electrodomésticos o aparatos eléctricos útiles dentro de la oficina que se utilizarán de manera puntual en función del uso que les den los trabajadores o personas que se encuentren dentro de la estancia (aspiradora, cafetera, radio, etc...).

Una vez expresado la demanda de los distintos elementos típicos en una oficina, se procede a comentar las características que deben cumplir los diferentes electrodomésticos para que se pueda realizar la gestión activa de la demanda.

La principal característica que debe cumplir es la referente al confort de los usuarios que los elementos gestionados puedan afectar. Es decir, no se pueden gestionar aquellos aparatos destinados al consumo instantáneo y cuyo uso no pueda realizarse en otro momento, ya que su interrupción supondría el rechazo por parte del usuario. Un caso muy característico es el de la iluminación, ya que este se emplea cuando se quiere mantener una habitación iluminada, por lo que no se puede aplicar la GAD para trasladar su consumo a las horas valle.



Sin embargo, se están llevando a cabo campañas de concienciación social para intentar no dejar iluminadas habitaciones que no estén siendo utilizadas.

Otra característica importante, pero no esencial, sería que los elementos gestionados tuviesen un consumo elevado, ya que su gestión implicaría un efecto importante en la demanda del hogar.

Sabido esto, se procede a analizar aquellos electrodomésticos en los que será viable la realización de la gestión activa de la demanda. Para ello, se trata de realizar una visión de la capacidad que tienen de ser 'despachables'. Se ha considerado que aquellos elementos más susceptibles de ser gestionados en una oficina son los siguientes:

- Termo eléctrico para el almacenamiento de agua caliente.
- Fotocopiadora-Escáner-Fax.
- Ordenadores
- Calefacción

En cuanto a los **termos eléctricos**, se procedería al calentamiento del agua a las horas en las que la demanda fuese menor, para luego mantenerla a esa temperatura durante un tiempo estimado de una 12-14 horas, en un termo estándar. Como consecuencia de ello, habría que estudiar si calentar ésta cada 12 horas o si por el contrario con calentarla una vez al día para el aseo de los trabajadores de la oficina sería suficiente. Otro factor importante, que no se ha mencionado, es la capacidad que tienen que tener estos termos. Para un local convencional de oficinas para unos 10-11 trabajadores se estima que será necesario un termo eléctrico de unos 30-50 litros, en función de la demanda de los habitantes.

El siguiente elemento, la **fotocopiadora-escáner-fax**, es un aparato eléctrico multifunción muy útil en las oficinas para realizar todo tipo de trámites y documentos, pero tiene la contingencia de estar permanentemente conectado para poder estar disponible cuando se necesite. Por tanto, su consumo puede llegar a ser importante y es uno de los elementos que más influyen en el Stand-By del estudio.

El **ordenador** de sobremesa es un claro ejemplo de lo que supone un consumo innecesario ya que si se sustituyeran por ordenadores portátiles este consumo se vería reducido notablemente sin alterar las capacidades de trabajo que ofrecen. El ordenador de sobremesa consume en torno a 4 veces más que uno portátil ya que debe alimentar tanto a la torre como a la pantalla o monitor en la que se visualizan los programas. Por lo que en una oficina, con todos los elementos ofimáticos que se disponen, los ordenadores juegan un papel fundamental en el consumo ya que éste va a ser constante durante la jornada laboral porque son utilizados sin interrupción.

Por último, en el caso de la **calefacción**, es más complicada su gestión ya que el calor no se mantiene durante mucho tiempo en los locales de oficinas, entre otros motivos porque el aislamiento térmico en las edificaciones no es óptimo (para subsanar este problema ha entrado en vigor el *Código Técnico de la Edificación* por el cual es necesario un correcto aislamiento en los hogares de nueva construcción, como se muestra en el apartado "4.6Marco Regulatorio") y además, se producen entradas y salidas de personas que desestabilizan la climatización del local.

Como consecuencia de ello, para la realización de la gestión de la demanda en este apartado, se propone que la utilización de la calefacción sea lo más dispersa posible, procediendo a su desconexión cada cierto tiempo.

Estaría conectada entorno a la mitad del tiempo durante los periodos en los que su demanda sea mayor, es decir, sería necesario un termostato en el que se estableciera una temperatura máxima y otra mínima (cuanto menor fuese la temperatura menor consumo habría), lo que implicaría que una vez alcanzada la temperatura máxima se apagase y se volviese a encender cuando llegase a la mínima.

Por otro lado, se podrían renovar los radiadores existentes por otros de menor potencia para asegurar un menor consumo sin tener que disminuir excesivamente la temperatura ambiente de la oficina, ya que normalmente esta temperatura está sobreestimada.

Además, existen otros elementos que también tienen un consumo eléctrico importante en el local y cuyas características permiten que su funcionamiento no sea a pleno rendimiento, y tienen como consecuencia que su consumo no sea el de la potencia máxima. Estos elementos son los siguientes:

- Frigorífico-congelador
- Aire acondicionado

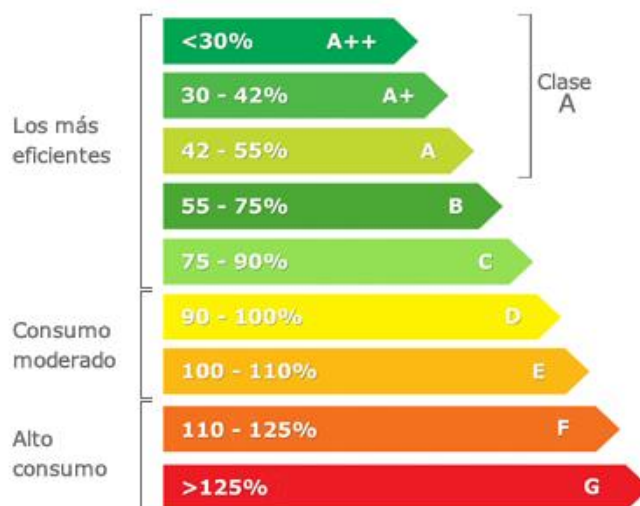
Para la realización de una gestión activa de la demanda sobre el **frigorífico/congelador** lo que se plantea sería realizar pequeñas desconexiones durante pequeños periodos, que no supongan un aumento de la temperatura de más de 1-2 °C ya que si es superior podría implicar que los alimentos que contiene sufriesen desperfectos. Otra medida podría ser subir directamente un grado la temperatura del congelador y del frigorífico, si esto implica no producir los ya mencionados desperfectos en los alimentos. Esta última medida solo se podría realizar en aquellos frigoríficos en los que hubiese una temperatura muy baja, sin ser dicha temperatura necesaria para mantener los alimentos en las condiciones óptimas.

En cuanto a la gestión del **aire acondicionado**, consistiría en aumentar la temperatura de unos 20-22 °C a unos 24-26 °C. Este aumento de temperatura no implicaría una pérdida de confortabilidad en la oficina, sin embargo, si implicaría una reducción en el consumo.

Tras haberse mostrado los diferentes electrodomésticos en los que es más susceptible aplicar la GAD, cabe mencionar la importancia que cobra la utilización de electrodomésticos más eficientes. La instalación de estos elementos supondría una inversión inicial, que variaría en función de la eficiencia de los electrodomésticos y de los elementos que se sustituyesen, por lo que habría que hacer un estudio para comprobar si esta inversión sería rentable y en cuanto tiempo estaría amortizada.

La eficiencia energética de los electrodomésticos es la capacidad de un electrodoméstico para realizar su función a un consumo inferior, y se clasifica en los frigoríficos, congeladores, lavadoras, lavavajillas, secadoras, hornos eléctricos, aires acondicionados y fuentes de luz domésticas según una escala que va desde la más eficiente, letra A (en la que se han añadido A<sup>+</sup>, A<sup>++</sup> y A<sup>+++</sup>) hasta la menos eficiente, letra G.

En el siguiente gráfico se puede apreciar esta clasificación energética:



**Figura 37. Clasificación de eficiencia energética de electrodomésticos y comparación respecto al consumo medio. Fuente: página web enredelectrodomesticos.es**

En la figura 37, se muestra el consumo de los electrodomésticos según su etiqueta en comparación con la eficiencia energética de clase D, la cual es tomada como referencia de consumo de los electrodomésticos. Además, no sale reflejado el consumo de un electrodoméstico de clase A+++, el cual es del 24% respecto al consumido por un electrodoméstico de la clase D.

Se puede comprobar que la eficiencia cobra gran importancia ya que la reducción en el consumo de estos electrodomésticos es notable, pudiendo ser del 70% incluso superior.

Actualmente ya no se producen electrodomésticos con tan baja eficiencia energética como la G, siendo las clases A+++, A+, A++, A, B o C las eficiencias más comunes en nuevos electrodomésticos.

## 7.1. CASO BASE OFICINA

Para poder comprobar en un caso real lo mencionado anteriormente, se procede a realizar un estudio en un local de oficinas con una superficie estimada de unos 250 m<sup>2</sup>, distribuidos de la siguiente forma: recepción, oficinas, baño, despachos (2), sala reuniones y comedor.

Con la finalidad de facilitar el cálculo del consumo energético de la oficina, y lo que implica en dicho consumo la aplicación de la GAD, se ha creado una herramienta Excel<sup>12</sup> para el cálculo del consumo y del coste de la factura eléctrica en colaboración con Rodrigo Jiménez Abad, que ha realizado el Trabajo Fin de Grado: "Gestión activa de la demanda en el sector residencial y estado del arte de los proyectos en curso".

Con la elaboración de esta herramienta se permite calcular, por tanto, el consumo y las reducciones que implica la GAD, tanto en el sector residencial (TFG Rodrigo Jiménez Abad: modelo de un hogar español de 100 m<sup>2</sup> con 4 dormitorios, salón comedor, cocina, 2 baños,

<sup>12</sup>**Nota:** cabe destacar que se trata de una herramienta específica para cada tipo de consumo, no de carácter dinámico, por tanto es válida para realizar estudios desde una consultoría energética especializada que realice el estudio individual para cada tipo de edificación así como de los tipos de consumos de cada cliente. Manteniendo la política llevada a cabo tanto, en el sector residencial como en el sector servicios, de la GAD. Por lo tanto para la utilización de dicha herramienta será necesario consultarlo con sus creadores.

calefacción, agua caliente sanitaria y climatización, todo ello eléctrico) como en el sector servicios (que será tratado en este Trabajo Fin de Grado), teniendo de este modo una visión más global de las consecuencias que tendría la aplicación de la GAD en ambos sectores.

En este estudio se hace un caso experimental lo más generalizado posible, por lo que las conclusiones obtenidas no servirán para todos los hogares u oficinas españolas, ya que presentan comportamientos diferentes.

Para la simplificación del estudio relacionado con la oficina se han tomado las siguientes hipótesis:

- Se dividirá el día en periodos de dos horas, por lo que si el consumo no se produce durante todo el periodo, se realizará una ponderación en función del tiempo en el que el aparato eléctrico esté demandando energía, que hará que el consumo sea constante durante ese periodo de dos horas.
- Para los consumos de los electrodomésticos que no sean constantes todos los días se realizará una ponderación que suponga su consumo en el día de estudio, es decir, si solo se realiza su uso una vez a la semana se calculará como que el tiempo que está conectado sea la duración de su ciclo o utilización entre los 7 días de la semana, suponiendo de este modo su consumo diario.
- En el **frigorífico-congelador**, se ha supuesto que el consumo es constante a lo largo del día, realizando para ello una relación entre lo que consume anualmente y lo que debería consumir diariamente.
- A la hora de calcular el coste de la **factura eléctrica** se han supuesto 24 periodos, ya que en un periodo (de dos horas) puede haber dos tarifas distintas. Por ello, se ha procedido a dividir los periodos de dos horas en una única hora, haciendo que el consumo en las dos horas del periodo sea el mismo, ya que se había considerado constante el consumo durante cada periodo.
- En el caso del **termo eléctrico**, debido a su funcionamiento no continuo, se ha determinado aplicar un factor de simultaneidad del 0,65, ya que el termo eléctrico solo funcionará en un rango de temperaturas determinado por una temperatura mínima y otra máxima, por lo que no funciona de forma continua.
- Los **radiadores eléctricos** en el periodo en el que estén funcionando, se les aplicará un factor de simultaneidad estimado de 0,65, ya que el funcionamiento de estos aparatos no se produce de forma continua debido a la presencia del termostato que regula la temperatura entre dos valores uno máximo y otro mínimo.
- Para el resto de elementos se ha supuesto que su consumo es constante todos los días de la semana por lo que no se han realizado ponderaciones.
- En cuanto al **stand-by**, se ha supuesto un consumo del 10% respecto al consumo energético total de la oficina.
- Se realizará el estudio sobre un día laborable común de **invierno**, teniendo en cuenta las condiciones y hábitos de consumo que se dan en esta época del año. Cabe destacar que el estudio podría ampliarse a cualquier época del año sin restricciones, reajustando los parámetros para que se adapten a las solicitudes del usuario.

Cabe señalar que se podrían considerar otro tipo de hipótesis en función del sector escogido ya que también variaría el número de aparatos o electrodomésticos que habría en el edificio (lavadora, lavavajillas, horno, etc...).

En primer lugar, se procede a comprobar la demanda en una oficina sin haber aplicado la GAD para después comparar que beneficios y resultados se obtienen al aplicar las medidas.

A continuación, se muestra la tabla 4 en la que se reflejan el número y la potencia de cada elemento eléctrico presentes en la oficina sin haber adquirido los electrodomésticos eficientes que se aplicaran en el caso de la GAD.

Además, se muestra la tabla correspondiente a los equipos existentes en una oficina y los hábitos de consumo de cada elemento eléctrico (mostrándose su consumo horario diario), y el consumo que realizan cada uno de ellos y el coste que éste supone aplicando la tarifa TUR con y sin discriminación horaria.

### CASO BASE OFICINA

Equipo	Nº de equipos	Potencia (W)
<b>Iluminación</b>	<b>15</b>	<b>180</b>
Recepción	1	36
Oficinas	7	36
Baño	1	36
Despacho (2)	4	36
Sala reuniones	2	36
Comedor	2	36
<b>Termo eléctrico 30L</b>	<b>1</b>	<b>1200</b>
<b>Microondas</b>	<b>1</b>	<b>800</b>
<b>Aspirador</b>	<b>1</b>	<b>1200</b>
<b>Televisión</b>	<b>2</b>	<b>156</b>
<b>PC + TFT</b>	<b>6</b>	<b>320</b>
<b>Portátiles</b>	<b>4</b>	<b>90</b>
<b>Pequeños electrodomésticos</b>	<b>18</b>	<b>867</b>
Cafetera	1	700
Módem	2	12
Teléfono Inalámbrico	4	25
Teléfono sobremesa	7	25
Reloj	3	5
Radio	1	100
<b>Frigorífico-Congelador A+</b>	<b>1</b>	<b>160</b>
<b>Calefacción eléctrica</b>	<b>9</b>	<b>4600</b>
Radiadores	9	4600
Recepción	1	800
Oficinas	4	1500
Despacho	2	1500
Sala reuniones	2	800
Comedor	1	800
Bombas de calor	0	0
Acumuladores	0	0
<b>Aire acondicionado</b>	<b>3</b>	<b>1500</b>
<b>Fotocopiadora-Escáner-Fax</b>	<b>1</b>	<b>780</b>
<b>Impresora</b>	<b>5</b>	<b>32</b>
<b>Stand By</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Tabla 4. Caso Base Oficina: Equipos, cantidad y potencia. Fuente: Elaboración propia

Equipo	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24
Iluminación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Recepción	0	0	0	0,036	0,072	0,072	0,036	0	0,036	0,072	0	0
Oficinas	0	0	0	0,252	0,504	0,504	0,252	0	0,252	0,504	0	0
Baño	0	0	0	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0	0
Despacho (2)	0	0	0	0	0,216	0,288	0,144	0	0,144	0,288	0	0
Sala reuniones	0	0	0	0	0,108	0,144	0,072	0	0,072	0,144	0	0
Comedor	0	0	0	0	0	0	0	0,144	0	0	0	0
Termo eléctrico 30L	0	0	0	0	0,78	0	0	0	0,78	0	0	0
Microondas	0	0	0	0	0,4	0	0	0,6	0,2	0	0	0
Aspirador	0	0	0	0,6	0,6	0	0	0	0	0	0	0
Televisión	0	0	0	0	0,312	0,624	0,624	0	0,624	0,624	0	0
PC + TFT	0	0	0	0	1,92	3,84	3,84	0	1,92	3,84	0	0
Portátiles	0	0	0	0	0,36	0,72	0,72	0	0,36	0,72	0	0
Pequeños electrodomésticos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cafetera	0	0	0	0	0,14	0,105	0	0	0,105	0	0	0
Módem	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048
Teléfono Inalámbrico	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Teléfono sobremesa	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Reloj	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Radio	0	0	0	0	0,1	0	0	0,2	0	0	0	0
Frigorífico- Congelador A+	0,0671 23288	0,0671 23288	0,0671 23288	0,0671 23288	0,0671 23288	0,0671 23288	0,0671 23288	0,0671 23288	0,0671 23288	0,0671 23288	0,0671 23288	0,0671 23288
Calefacción eléctrica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Radiadores	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Recepción	0	0	0	0,52	0,52	0,52	0,52	0	0,52	0,52	0	0
Oficinas	0	0	0	3,9	3,9	3,9	3,9	0	3,9	3,9	0	0
Despacho	0	0	0	1,95	1,95	1,95	1,95	0	1,95	1,95	0	0
Sala reuniones	0	0	0	1,04	1,04	1,04	1,04	0	1,04	1,04	0	0
Comedor	0	0	0	0	0	0	0,52	0,52	0	0	0	0
Bombas de calor	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Acumuladores	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aire acondicionado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fotocopiadora-Escáner-Fax	0	0	0	0	0,3572	0,3572	0,3572	0	0,3572	0,3572	0	0
Impresora	0	0	0	0	0,0213	0,0213	0,0213	0	0,0213	0,0213	0	0
Stand By	0,3543	0,3543	0,3543	0,3543	0,3543	0,3543	0,3543	0,3543	0,3543	0,3543	0,3543	0,3543
<b>TOTAL</b>	<b>1,0494</b>	<b>1,0494</b>	<b>1,0494</b>	<b>9,3564</b>	<b>14,359</b>	<b>15,144</b>	<b>15,055</b>	<b>2,5224</b>	<b>13,340</b>	<b>15,039</b>	<b>1,0494</b>	<b>1,0494</b>

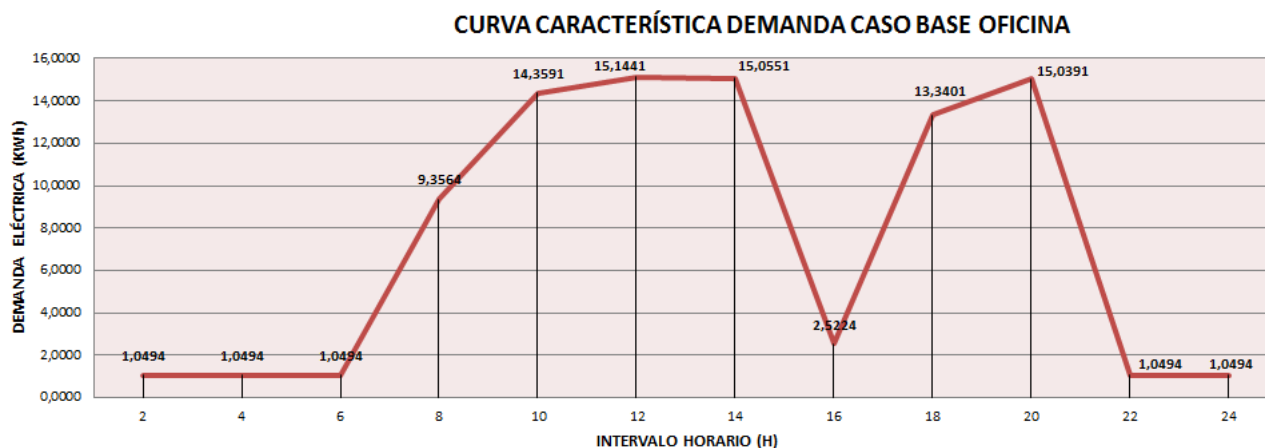
Tabla 5. Caso Base Oficina: Consumo energético por equipo (KWh). Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 5, se puede observar la distribución del consumo energético por intervalos. Para ello, se ha realizado una estimación de la distribución horaria del funcionamiento de los

equipos, dando como resultado un balance energético acorde a los hábitos de consumo actuales en un entorno perteneciente al sector servicios, concretamente de un edificio de oficinas propias de un negocio tipo (inmobiliaria, consultoría, bufete abogados, etc).

Como método intuitivo, la tabla muestra una gama de colores en las celdas que indican el rango de energía consumida por los equipos, siendo el color azul para consumos nulos o reducidos mientras que la gama con colores ascendentes hasta el rojo muestra los consumos más altos. De esta forma, se puede analizar qué equipos son más relevantes, y qué equipos son más importantes, a la hora de despachar la energía siguiendo las medidas propuestas en la GAD. Como se puede observar, los elementos más importantes y que influyen de forma notable en el consumo son la calefacción eléctrica y los ordenadores de sobremesa ya que están conectados durante la jornada laboral sin descanso.

A continuación, se muestra en la figura 38 la evolución de la demanda eléctrica del modelo propuesto, a lo largo de las 24h de un día, para analizar su comportamiento.



**Figura 38. Caso Base Oficina: Curva Demanda Eléctrica. Fuente: Elaboración Propia.**

En la gráfica 38, se pueden comprobar los aspectos más característicos del consumo de una oficina. El rasgo principal de la curva es que la demanda eléctrica no es homogénea sino que presenta picos y valles de consumo, habiendo una gran diferencia entre el periodo más bajo (1,0494 kWh) y el más alto de consumo (15,1441 kWh). Estas grandes diferencias entre el consumo máximo y mínimo perjudican al sistema eléctrico como se mostró en el apartado "4. Demanda eléctrica". Debido a la jornada laboral, esta gráfica va a estar rigidamente definida por los hábitos de consumo de la empresa en cuestión. Con carácter general, una entidad o edificio de oficinas va a tener una jornada laboral de:

JORNADA LABORAL	DIAS LABORABLES
9:00 - 14:00 /// 17:00 - 20:00	22

Por tanto, el período con la actividad más intensa y con la mayoría de los equipos encendidos corresponde a la mañana (9-14h) donde se realiza gran parte de la actividad laboral hasta que se produzca un descenso del consumo en las horas pertenecientes al mediodía (14-16h) por motivo de las dietas y descanso de los trabajadores. A partir de este momento, se produce el segundo pico de demanda con motivo de la vuelta al trabajo siguiendo la misma evolución que



en el período matutino durante un intervalo de 3h (17-20h). Una vez acabada la jornada, el consumo es mínimo debido a la nula actividad del edificio, con un nivel del consumo o de la demanda de energía de valores mínimos.

Cabe destacar que como se trata de un edificio empresarial el consumo de todos los equipos conectados va a ser mayor que el de una vivienda unifamiliar alcanzando una potencia contratada en torno a 15kW.

Otro aspecto que se ha tenido en cuenta en el estudio es el importe económico de la factura eléctrica en relación a las tarifas de electricidad existentes en el mercado español. De este modo, se determina qué tarifa conviene contratar para que el usuario final tenga la oportunidad de obtener un ahorro mensual en su consumo de electricidad.

Las tarifas contempladas en el estudio corresponden a las opciones que permiten despachar el consumo en función de los precios que tenga la electricidad en un intervalo horario determinado. Las tarifas consideradas son:

A → TUR con discriminación horaria (3 períodos: punta, valle y llano).

B → TUR sin discriminación horaria (único precio por kWh).

A		B
TUR con discriminación horaria		TUR sin discriminación horaria
Período	Punta	0,138658 €
13-23h	0,167558 €	
	Valle	
1-7h	0,049695 €	
	Llano	
23-1h	0,06946 €	
7-13h	0,06946 €	

Tabla 6. Tarifas TUR mercado eléctrico español. Fuente: Elaboración Propia. Datos: Iberdrola

El precio en euros corresponde al precio en términos de energía por kWh.



Figura 39. Horario periodos TUR con discriminación horaria en tres periodos tarifarios. Fuente: HC-energía [22]

Como se quiere reflejar en la figura 39, en la tarifa con discriminación horaria se diferencian tres periodos (en España también se puede contratar una tarifa con discriminación horaria en dos periodos, pero se ha considerado que era más adecuado realizar la comparación entre la TUR sin discriminación horaria y la TUR con discriminación horaria en tres periodos ya que con esta última se favorecen más las medidas tomadas con la GAD). Estos tres periodos se ajustan a los periodos de consumo más reducido o valle, al periodo con consumo moderado o llano y al consumo elevado o punta, siendo el precio más elevado en los periodos con mayor demanda, como se ha reflejado en la tabla 6, favoreciendo de este modo el consumo de energía eléctrica en el periodo comprendido entre la 1:00 y las 7:00 (periodo valle) y perjudicándolo entre las 13:00 y las 23:00 horas (periodo punta). Por tanto, el coste mensual de la energía del modelo se corresponde a:

A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total Mensual
Energía (KWh)	↓ 0,5247	↓ 0,5247	↓ 0,5247	↓ 0,5247	↓ 0,5247	↓ 0,5247	⇒ 4,6782	⇒ 4,6782	↑ 7,1795	↑ 7,1795	↑ 7,5720	↑ 7,5720	924,1739
Coste (€)	0,04 €	0,03 €	0,03 €	0,03 €	0,03 €	0,03 €	0,23 €	0,32 €	0,50 €	0,50 €	0,53 €	0,53 €	61,02 €
A	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Energía (KWh)	↑ 7,5275	↑ 7,5275	↓ 1,2612	↓ 1,2612	↑ 6,6700	↑ 6,6700	↑ 7,5195	↑ 7,5195	↓ 0,5247	↓ 0,5247	↓ 0,5247	↓ 0,5247	1057,2216
Coste (€)	0,52 €	1,26 €	0,21 €	0,21 €	1,12 €	1,12 €	1,26 €	1,26 €	0,09 €	0,09 €	0,09 €	0,04 €	159,77 €
													220,79 €

**Tabla 7. Caso Base Oficina: Estudio económico y evolución energética horaria Tarifa A. Fuente: Elaboración Propia**

En la tabla 7 se aprecia que se ha dividido el día de estudio en 24 periodos. Esto se debe a que hay periodos en los que coinciden dos tarifas diferentes y como consecuencia de ello se ha considerado dividir el día en 24 periodos, dividiendo el consumo que se producía anteriormente en los periodos de dos horas en los dos nuevos periodos de una hora de manera equitativa.

B	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	Total Mensual
Energía (KWh)	↓ 1,0494	↓ 1,0494	↓ 1,0494	⇒ 9,3564	↑ 14,3591	↑ 15,1441	↑ 15,0551	↓ 2,5224	↑ 13,3401	↑ 15,0391	↓ 1,0494	↓ 1,0494	1981,3955
Coste (€)	0,15 €	0,15 €	0,15 €	1,30 €	1,99 €	2,10 €	2,09 €	0,35 €	1,85 €	2,09 €	0,15 €	0,15 €	274,74 €

**Tabla 8. Caso Base Oficina: Estudio económico y evolución energética horaria Tarifa B. Fuente: Elaboración Propia**

Por su parte en la tabla 8, al no haber discriminación horaria y ser durante todos los periodos el mismo coste por kWh, no ha sido necesario dividir el día en 24 periodos, permaneciendo los 12 periodos del estudio.

Como se aprecia en el estudio, elegir una tarifa u otra supone una diferencia en el coste económico de la energía consumida que a la larga puede suponer un ahorro significativo, tratándose de uno de los aspectos más importante a la hora de aplicar la GAD. En este caso puede llegar a ser determinante este ahorro (aproximadamente de 54€ mensuales) ya que el consumo está sujeto a un horario restrictivo debido a la jornada laboral de la empresa.

En el caso base (sin aplicación de la GAD), se aprecia que la factura eléctrica es inferior en el caso de contratar la TUR con discriminación horaria por un importe de 53,95 € al mes. Esto sucede ya que la TUR con discriminación horaria penaliza el consumo de energía en determinadas horas (13-23h), por lo que gran parte del consumo se produce fuera de esta franja horaria debido a la jornada laboral. Debido a ello, el valor de la factura eléctrica es significativamente mayor en el caso de la TUR sin discriminación horaria, que no penaliza el consumo a ninguna hora y tampoco lo favorece, por lo que el coste de la energía es constante alcanzando un valor mayor.

## 7.2. CASO GAD OFICINA

Tras comprobar el consumo ordinario de una oficina, se procede a aplicar la Gestión Activa de la Demanda en el mismo local para comprobar lo que implica la aplicación de las medidas energéticas en el consumo eléctrico.

La primera medida tomada es la adquisición de ciertos electrodomésticos con una mayor eficiencia energética, para que de este modo se pueda reducir el consumo. Los elementos que se han escogido para ser sustituidos son aquellos cuyo consumo y utilización es mayor, que son los siguientes:

- **Ordenadores:** se ha elegido sustituir todos los ordenadores menos uno (ordenador de recepción) por ordenadores portátiles para todos los trabajadores. No se puede desplazar su funcionamiento, por lo que esta medida permite un ahorro energético debido al bajo consumo que ofrecen los portátiles en comparación con los ordenadores de sobremesa (torre + pantalla) siendo aproximadamente 4 veces menor.
- **Frigorífico-congelador:** se ha sustituido por otro electrodoméstico similar con mayor eficiencia energética (A<sup>+++</sup> o A<sup>++</sup>), ya que supone un ahorro de aproximadamente el 50%, respecto a los electrodomésticos anteriores.
- No se ha procedido ni a la sustitución de la **calefacción eléctrica** ni a la del **termo eléctrico**, ya que la inversión necesaria para su sustitución es muy elevada y no se conseguiría reducir prácticamente el consumo. A pesar de ello, sí que se han tomado diversas medidas con ambos elementos que se mostrarán más adelante.
- **Impresoras & Fotocopiadora-Escáner-Fax:** desenchufando de la corriente eléctrica los diferentes aparatos que se dispongan para reducir el consumo Stand-By total, y no desaprovechar energía sin justificación.
- Por último, se ha procedido a la sustitución de las diferentes **bombillas o fluorescentes**, por unas bombillas fluorescentes tipo LED, ya que su potencia es únicamente de 16 W, mientras que las anteriores bombillas eran de 36W.

A continuación, se muestra la tabla 9 en la que figuran los aparatos que han sufrido modificaciones marcándose en verde aquellos elementos en los que se ha aplicado la GAD, y el valor económico de aquellos elementos que se han considerado sustituir por otros de mayor eficiencia con respecto al modelo anterior. Además, se ha indicado el coste de la inversión que supondría la adquisición de nuevos aparatos de mayor eficiencia energética.

Se podrían haber sustituido más elementos como la cafetera, teléfonos, etc., pero no se ha realizado ya que no se ha considerado necesario porque su utilización no es relevante, y como consecuencia de ello el consumo total no se vería influido. Además, la sustitución por nuevos electrodomésticos variará en función del presupuesto disponible, ya que por ejemplo el ahorro energético que supone la adquisición de una cafetera o una televisión más eficiente no es muy elevado mientras que la inversión económica inicial sí puede ser importante.

Equipo	INVERSIÓN
Iluminación	680,00 €
Termo eléctrico 30L	
Microondas	
Aspirador	
Televisión	
PC + TFT	
Portátiles	2.000,00 €
Pequeños electrodomésticos	
Frigorífico-Congelador A+++	1.200,00 €
Calefacción eléctrica	
Aire acondicionado	
Fotocopiadora-Escáner-Fax	
Impresora	
Stand By	
	TOTAL
	4.560,00 €

**Tabla 9. Caso GAD Oficina: Modificaciones y costes de adquisición. Fuente: Elaboración Propia. Datos: Proveedores (BOSCH, FAGOR).**

A la hora de aplicar la GAD, aquellos consumos considerados como puntuales no se han modificado ya que afectaría al confort de los trabajadores o personal que transite por la oficina. En cuanto a las medidas tomadas destacan:

- Reducción del consumo de los **radiadores** eléctricos y desplazamiento de su consumo, haciendo que el confort sea el adecuado pero realizando el menor consumo posible. Para ello se utilizarán termostatos a través de los cuales se ajustaran a la temperatura deseada en el hogar, y se procederá a la conexión y desconexión de la calefacción en los horarios señalados en la tabla 10. La temperatura entre las que se regula el termostato se ha reducido aproximadamente un grado por lo que es necesario que funcione durante menos tiempo, reduciéndose 7 horas el periodo de utilización de los radiadores (2 horas menos en recepción, oficinas, despachos y sala de reuniones y 1 hora en el comedor), ya que se ha considerado que estas medidas no afectan al confort de las personas que habitan el local de la oficina.
- Desplazamiento del consumo del termo eléctrico a periodos con menor demanda eléctrica, evitando su consumo durante el periodo de mayor demanda comprendido entre las 13:00 y las 23:00 horas.
- En cuanto a la iluminación no se ha tomado ninguna medida (excepto la de instalar bombillas LED), ya que es considerado como un consumo puntual y necesario. A pesar de ello, se pueden realizar las ya mencionadas campañas de concienciación que intenten evitar dejar zonas iluminadas que no estén siendo utilizadas.
- En el caso del stand-by, la GAD permitirá reducir el mismo a un valor de aproximadamente el 6% del consumo total, ya que se aplicaran medidas en la que se evite tener electrodomésticos en modo stand-by, fundamentalmente durante las horas nocturnas. La principal medida para la reducción de este consumo será la instalación de los enchufes inteligentes, que se desconecten cuando el electrodoméstico en cuestión no esté siendo utilizado.

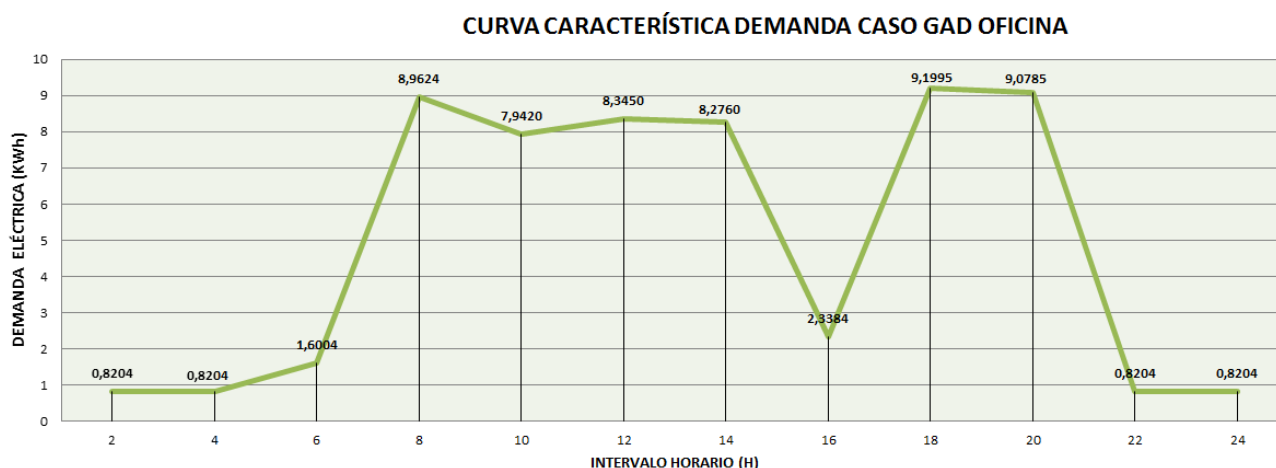
Una vez adquiridos los nuevos electrodomésticos eficientes y con las medidas aplicadas anteriormente, se obtiene una distribución horaria de la energía óptima. Dicha distribución se puede observar en la tabla 10:

Equipo	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24
<b>Iluminación</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Recepción</b>	0	0	0	0,016	0,032	0,032	0,016	0	0,016	0,032	0	0
<b>Oficinas</b>	0	0	0	0,112	0,224	0,224	0,112	0	0,112	0,224	0	0
<b>Baño</b>	0	0	0	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0	0
<b>Despacho (2)</b>	0	0	0	0	0,096	0,128	0,064	0	0,064	0,128	0	0
<b>Sala reuniones</b>	0	0	0	0	0	0,064	0,032	0	0,032	0,064	0	0
<b>Comedor</b>	0	0	0	0	0	0	0	0,064	0	0	0	0
<b>Termo eléctrico 30L</b>	0	0	0,78	0	0	0	0	0,39	0,39	0	0	0
<b>Microondas</b>	0	0	0	0	0,4	0	0	0,6	0,2	0	0	0
<b>Aspirador</b>	0	0	0	0,6	0,6	0	0	0	0	0	0	0
<b>Televisión</b>	0	0	0	0	0,312	0,624	0,624	0	0	0	0	0
<b>PC + TFT</b>	0	0	0	0	0,32	0,64	0,64	0	0,32	0,64	0	0
<b>Portátiles</b>	0	0	0	0	0,81	1,62	1,62	0	0,81	1,62	0	0
<b>Pequeños electrodomésticos</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Cafetera</b>	0	0	0	0	0,14	0,105	0	0	0,105	0	0	0
<b>Módem</b>	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048
<b>Teléfono Inalámbrico</b>	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
<b>Teléfono sobremesa</b>	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
<b>Reloj</b>	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
<b>Radio</b>	0	0	0	0	0,1	0	0	0,2	0	0	0	0
<b>Frigorífico-Congelador A+</b>	0,0340	0,0340	0,0340	0,0340	0,0340	0,0340	0,0340	0,0340	0,0340	0,0340	0,0340	0,0340
<b>Calefacción eléctrica</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Radiadores</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Recepción</b>	0	0	0	0,52	0,26	0,26	0,26	0	0,52	0,26	0	0
<b>Oficinas</b>	0	0	0	3,9	1,95	1,95	1,95	0	2,925	2,925	0	0
<b>Despacho</b>	0	0	0	1,95	0,975	0,975	0,975	0	1,4625	1,4625	0	0
<b>Sala reuniones</b>	0	0	0	1,04	0,52	0,52	0,52	0	1,04	0,52	0	0
<b>Comedor</b>	0	0	0	0	0	0	0,26	0,26	0	0	0	0
<b>Bombas de calor</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Acumuladores</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Aire acondicionado</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Fotocopiadora-Escáner-Fax</b>	0	0	0	0	0,3572	0,3572	0,3572	0	0,3572	0,3572	0	0
<b>Impresora</b>	0	0	0	0	0,0213	0,0213	0,0213	0	0,0213	0,0213	0	0
<b>Stand By</b>	0,1583 66572	0,1583 66572	0,1583 66572	0,1583 66572	0,1583 66572	0,1583 66572	0,1583 66572	0,1583 66572	0,1583 66572	0,1583 66572	0,1583 66572	0,1583 66572
<b>TOTAL</b>	<b>0,8203</b>	<b>0,8203</b>	<b>1,6003</b>	<b>8,9623</b>	<b>7,9420</b>	<b>8,3450</b>	<b>8,2760</b>	<b>2,3383</b>	<b>9,1995</b>	<b>9,0785</b>	<b>0,8203</b>	<b>0,8203</b>

Tabla 10. Caso GAD Oficina: Consumo energético por equipos. Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 10, se puede observar la distribución del consumo energético diario por intervalos. En este caso, se han aplicado todas las medidas de la GAD por lo que se puede observar que existe una distribución más equilibrada del consumo de la oficina. A pesar de que no se ha podido variar demasiado el consumo de los aparatos eléctricos (debido a que una oficina al tratarse de un edificio destinado a respetar la jornada laboral, las medidas aplicadas no deben afectar al desarrollo de la misma), se ha conseguido reducir el consumo pico en una magnitud importante de aproximadamente 6 kWh, lo que supone una disminución de aproximadamente un 40 % en el consumo de electricidad.

Además, se ha logrado allanar levemente la evolución de la demanda en tiempo real. Esta gráfica presenta una característica un tanto similar al modelo anterior pero con la posibilidad de mejorar su distribución energética y de ese modo, favoreciendo al sistema eléctrico. Las horas pertenecientes al período nocturno u horas valle ven incrementada su nivel de potencia aprovechando de este modo la energía de forma más eficiente. La evolución de la demanda se puede apreciar en la siguiente gráfica:



**Figura 40. Caso GAD Oficina: Curva Demanda Eléctrica. Fuente: Elaboración Propia.**

En la gráfica 40, se pueden comprobar los aspectos más característicos del consumo de una oficina GAD. El rasgo principal de la curva es que posee una estructura similar pero con la diferencia de que en este caso el pico de consumo es considerablemente inferior al del caso base (9,1995 kWh), mientras que el mínimo consumo se ha reducido prácticamente un 40% hasta un valor de 0,8204 kWh.

En este caso, la elección de una tarifa eléctrica u otra no varía demasiado por la restricción a un horario determinado impuesto por la jornada laboral a la que está vinculado el edificio. Aun así, las medidas aplicadas suponen un ahorro muy importante de cara al futuro ya que representan un ahorro del 35% con respecto al modelo anterior. Las medidas aplicadas implican una mejora de la eficiencia energética de los aparatos, y un ahorro energético y económico que se podría ver incrementado por la elección de una tarifa u otra que mejorase la rentabilidad económica del modelo.

En las tablas 11 y 12, se representa el coste de la energía en función de la tarifa contratada después de haber aplicado las medidas de la GAD con el ahorro energético que ello supone, y como consecuencia de ello un ahorro económico que puede ser óptimo con la elección de la tarifa correspondiente.

A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total Mensual
Energía (KWh)	↓ 0,4102	↓ 0,4102	↓ 0,4102	↓ 0,4102	↓ 0,8002	↓ 0,8002	↑ 4,4812	↑ 4,4812	↑ 3,9710	↑ 3,9710	↑ 4,1725	↑ 4,1725	626,7920
Coste (€)	0,03 €	0,02 €	0,02 €	0,02 €	0,04 €	0,04 €	0,22 €	0,31 €	0,28 €	0,28 €	0,29 €	0,29 €	40,36 €
A	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Energía (KWh)	↑ 4,1380	↑ 4,1380	↓ 1,1692	↓ 1,1692	↑ 4,5998	↑ 4,5998	↑ 4,5393	↑ 4,5393	↓ 0,4102	↓ 0,4102	↓ 0,4102	↓ 0,4102	671,7297
Coste (€)	0,29 €	0,69 €	0,20 €	0,20 €	0,77 €	0,77 €	0,76 €	0,76 €	0,07 €	0,07 €	0,07 €	0,03 €	102,74 €
													143,10 €

**Tabla 11. Caso GAD Oficina: Estudio económico y evolución energética horaria Tarifa A. Fuente: Elaboración Propia**

B	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	Total Mensual
Energía (KWh)	↓ 0,8204	↓ 0,8204	↓ 1,6004	↑ 8,9624	↑ 7,9420	↑ 8,3450	↑ 8,2760	↓ 2,3384	↑ 9,1995	↑ 9,0785	↓ 0,8204	↓ 0,8204	1298,5217
Coste (€)	0,11 €	0,11 €	0,22 €	1,24 €	1,10 €	1,16 €	1,15 €	0,32 €	1,28 €	1,26 €	0,11 €	0,11 €	180,05 €

**Tabla 12. Caso GAD Oficina: Estudio económico y evolución energética horaria Tarifa B. Fuente: Elaboración Propia**

Como se puede comprobar en las tablas 11 y 12 adoptando la tarifa A con discriminación horaria se consigue un ahorro adicional de 36,95 € mensual. Este ahorro hay que sumárselo al ahorro que se ha conseguido respecto al caso base por las medidas adoptadas, obteniendo un ahorro total de 77,69 € mensuales, como se muestra en la tabla 14. Por lo que hacen que el modelo GAD sea bastante atractivo para el usuario final por el ahorro económico que supone mensualmente<sup>13</sup>.

Por último, se muestra en la tabla 13 el resumen energético y económico que ha supuesto la aplicación de la GAD en la oficina empleada en el estudio. Además, se muestra el tiempo estimado de amortización de la inversión realizada y la amortización o ahorro mensual que supone. Este valor es estimado ya que el consumo no es constante a lo largo de todos los meses del año, a lo que hay que añadir que el precio del kWh puede sufrir variaciones.

#### RESUMEN ECONÓMICO Y ENERGÉTICO

AHORRO ECONÓMICO	INVERSIÓN INICIAL	COSTE TOTAL NUEVO ENERGÍA	AHORRO ENERGÉTICO
35%	4.560,00 €	143,10 €	34%

**Tabla 13. Resumen económico del modelo después de aplicar la GAD. Fuente: Elaboración Propia.**

#### Amortización mensual respecto al caso BASE

77,69 €

#### Tiempo de amortización (MESES)

59

**Tabla 14. Ahorro mensual respecto al caso base y tiempo de amortización. Fuente: Elaboración propia**

Como se puede apreciar con la implementación de la GAD, se ha conseguido reducir notablemente el consumo y el valor económico que el cliente tiene que pagar por la energía eléctrica demandada. A esto hay que sumarle que gracias a la aplicación de la GAD se consigue beneficiar al sistema, intentando conseguir de este modo una curva de la demanda eléctrica global lo más homogénea posible.

<sup>13</sup> Estas tablas reflejan la energía consumida y el coste de dicha energía por periodo para después hacer un cálculo de la energía total y el coste final de dicha energía, y establecer ambos valores con carácter mensual multiplicando por 22 que son los días laborables empleados en el estudio.



Como se puede ver en la Tabla 14 la amortización es un poco elevada, concretamente de 59 meses (4 años y 11 meses). La amortización se puede reducir en el caso de que se adquieran menor cantidad de electrodomésticos eficientes que no sean relevantes.

A continuación se muestra la comparativa entre la gráfica obtenida en el caso Base frente a la gráfica obtenida en el caso GAD, para entender visualmente lo que se trata de conseguir con las medidas aplicadas de la GAD, y su repercusión en la curva de demanda eléctrica.

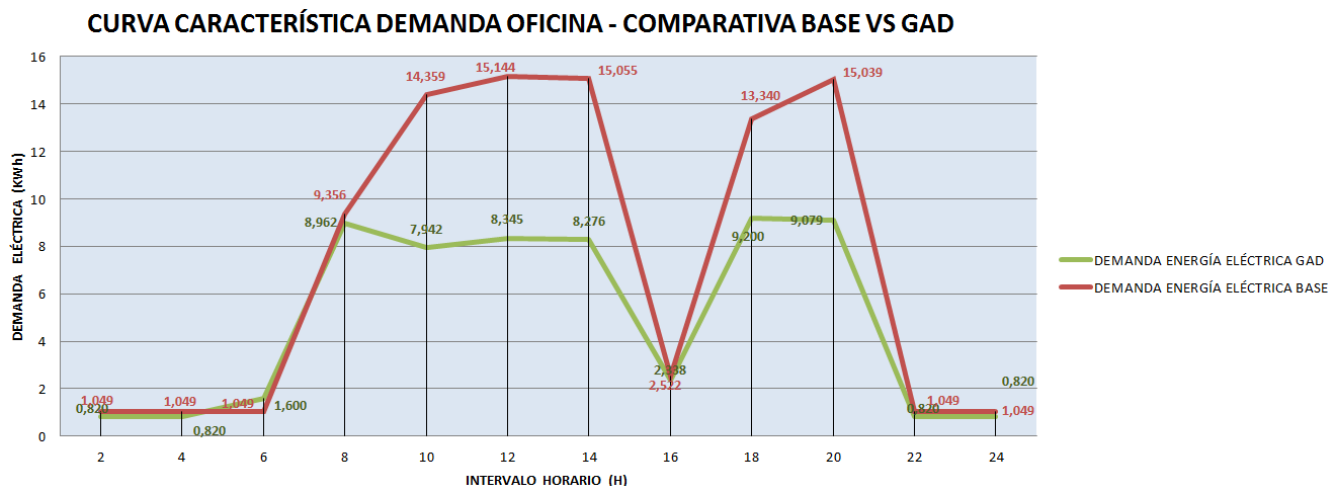


Figura 41. Curva Demanda Eléctrica Comparativa Caso Base frente Caso GAD. Fuente: Elaboración Propia.

### Conclusiones del estudio

Con este estudio se ha podido comprobar ampliamente los conocimientos obtenidos a lo largo de todo el TFG. Se ha conseguido diseñar una herramienta útil para estimar la demanda de un entorno, y con ello, hacer un análisis que permita aplicar la GAD y obtener en un alto porcentaje un resultado satisfactorio para el consumidor reduciendo considerablemente su factura eléctrica, y para el sistema reduciendo el consumo y desplazando estos a periodos con menor demanda.

En contraposición se puede sacar una conclusión negativa que es la inversión inicial necesaria para la adquisición de electrodomésticos con una mayor eficiencia, y que estén dotados de una cierta inteligencia para poder ser programados por el cliente (o un operador externo) para que se activen en periodos nocturnos.

Como consecuencia de la situación económica actual de España lo que se plantea es realizar una adaptación progresiva a la GAD. Es decir, que cuando sea necesario cambiar un electrodoméstico en una oficina o comercio, esta sustitución se produzca por otro electrodoméstico de mayor eficiencia energética. De todos modos, se pueden tomar ciertas medidas de GAD sin la necesidad de contar con este tipo de electrodomésticos haciendo desplazamientos de consumo así como la optimización de los mismos tal y como se ha podido comprobar en el estudio propuesto.

## 8. CONCLUSIONES

---

La realización de este proyecto ha comprendido diversas tareas de investigación y análisis del estudio del estado del arte de los proyectos en curso sobre la gestión activa de la demanda en el sector servicios. Además, se ha conseguido afianzar los conocimientos técnicos acerca de la demanda de energía eléctrica en España, estudiando todos los factores que influyen en su evolución para de este modo diseñar un perfil modificable del consumo.

Por tanto, en este proyecto se han podido evaluar las diferentes ventajas e inconvenientes que conlleva la aplicación de la gestión activa de la demanda.

Por un lado, se ha comprobado que la aplicación de este modelo representa el futuro de la energía eléctrica de los sistemas eléctricos, llevando a cabo una política de ahorro y eficiencia energética que favorecerá a la integración de las energías de origen renovable, así como la utilización de una forma más fiable de las instalaciones actuales, consiguiendo de esta forma un óptimo dimensionamiento del sistema y una coordinación entre todos los agentes participantes. Además, favorece enormemente al medio ambiente ya que la menor producción de energía conlleva a una reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>, y por tanto, una disminución del calentamiento global y del efecto invernadero.

En contraposición, se pueden encontrar algunos inconvenientes para la implantación de la gestión activa de la demanda como pueden ser: la difícil adaptación de los participantes al concepto de gestión activa de la demanda, el coste relativamente importante a la hora de reemplazar los equipos por aparatos más eficientes teniendo en cuenta la situación de crisis económica actual, y por último, la concienciación mínima de la sociedad de cara a reflexionar sobre este modelo.

Personalmente, la realización de este proyecto representa el culmen perfecto para finalizar mis estudios ya que me ha ayudado a afianzar todos los conocimientos adquiridos en la carrera, y a desarrollar habilidades que me servirán en mi vida laboral para ejercer mis funciones de manera eficiente.

La herramienta diseñada me ha hecho replantearme numerosos aspectos relacionados con la demanda eléctrica, y así entender su evolución en el tiempo para después aplicar la Gestión Activa de la Demanda.

Por tanto, estoy muy satisfecho con los resultados obtenidos y espero poder mejorar el sistema promoviendo esta medida de ahorro y eficiencia energética.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

---

La bibliografía utilizada ha sido la siguiente:

- [1] Página web de Red Eléctrica de España: <http://www.ree.es>
- [2] Página web IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. <http://www.idae.es/>
- [3] Página web del Ministerio de Industria, Energía y Turismo. <http://www.mityc.es>
- [4] Página web Instituto Nacional de Estadística. <http://www.ine.es>
- [5] Página web Comisión Nacional de la Energía. <http://www.cne.es>
- [6] Página web Boletín Oficial del Estado. <http://www.boe.es>
- [7] Página web Unesa - Asociación Española de la Industria Eléctrica. <http://www.unesa.es/>
- [8] Página web Iberdrola, S.A. <http://www.iberdrola.es/>
- [9] Página web Endesa, S.A. <http://www.endesa.com/es/home>
- [10] Página web Operador del Mercado Eléctrico (OMEL). <http://www.omel.es>
- [11] Página web Proyecto GAD: <http://www.proyectogad.es>
- [12] Página web Proyecto E-Diana <http://www.artemis-ediana.eu>
- [13] Página web Proyecto Fenix <http://www.fenix-project.org/>
- [14] Página web Proyecto Beywatch <http://www.beywatch.eu/>
- [16] Página web Energía y Sociedad. <http://www.energiaysociedad.es/>
- [17] Página web Bosch Electrodomésticos, España. <http://www.bosch-home.es/>
- [18] Página web Fagor Electrodomésticos, S. Coop. <http://www.fagor.com/>
- [19] Página web Cálculo Consumo Aparatos Eléctricos. <http://www.electrocalculator.com/>
- [20] Proyecto Fin de Carrera: 'Gestión activa de la demanda de energía eléctrica', Miguel Ángel Cerezo Moreno. UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID. Marzo 2010.
- [21] Francisco Javier Sesma Solís, "Uso eficiente de la energía en el sector terciario". Año 1999.
- [22] Página web HC Energía S.A.: <http://www.hcenergia.com/es/>

- [23] Ministerio de Industria, Energía y Turismo, “LA ENERGÍA EN ESPAÑA 2010”. Año 2010 [http://www.minetur.gob.es/energia/balances/balances/librosenergia/energia\\_espana\\_2010\\_2ed.pdf](http://www.minetur.gob.es/energia/balances/balances/librosenergia/energia_espana_2010_2ed.pdf)
- [24] Red Eléctrica de España, “Proyecto INDEL. Atlas de la Demanda Eléctrica Española”. Año 1998 [http://www.ree.es/sistema\\_electrico/pdf/indel/Atlas\\_INDEL\\_REE.pdf](http://www.ree.es/sistema_electrico/pdf/indel/Atlas_INDEL_REE.pdf)
- [25] Red Eléctrica de España. Informe REE 2011. “El sistema Eléctrico español”. Año 2012. [http://www.ree.es/sistema\\_electrico/pdf/infosis/Inf\\_Sis\\_Elec\\_REE\\_2011\\_v3.pdf](http://www.ree.es/sistema_electrico/pdf/infosis/Inf_Sis_Elec_REE_2011_v3.pdf)
- [26] Red Eléctrica de España. Avance Informe REE 2012. “El sistema Eléctrico español”. Año 2013. [http://www.ree.es/sistema\\_electrico/pdf/infosis/Inf\\_Sis\\_Elec\\_REE\\_2012.pdf](http://www.ree.es/sistema_electrico/pdf/infosis/Inf_Sis_Elec_REE_2012.pdf)
- [27] Ministerio de Industria, Energía y Turismo, IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), “PLAN DE ENERGÍAS RENOVABLES 2011-2020”. Año 2011. [http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos\\_Resumen\\_PER\\_2011-2020\\_15f3dad6.pdf](http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_Resumen_PER_2011-2020_15f3dad6.pdf)
- [28] Ministerio de Industria, Energía y Turismo, IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), “PLAN DE ACCIÓN DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA 2011-2020” Año 2011. [http://www.minetur.gob.es/energia/es-es/novedades/documents/paaee2011\\_2020.pdf](http://www.minetur.gob.es/energia/es-es/novedades/documents/paaee2011_2020.pdf)
- [29] Comunidad de Madrid, “GUIA BÁSICA DE LA GESTIÓN DE LA DEMANDA ELÉCTRICA” Año 2007 <http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/guia-basica-de-la-gestion-de-la-demanda-energetica-fenercom.pdf>
- [30] Ministerio de Industria, Energía y Turismo, IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), “PROYECTO SECH-SPAHOUSEC. Análisis del consumo energético del sector residencial en España.” Año 2011 [http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos\\_Informe\\_SPAHOUSEC\\_ACC\\_f68291a3.pdf](http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_Informe_SPAHOUSEC_ACC_f68291a3.pdf)
- [31] Apuntes Profesor Ángel Ramos Gómez, Asignatura “Gestión de Redes Eléctricas”. Universidad Carlos III de Madrid. Año 2011.
- [32] Apuntes Profesor Julio Usaola García, Asignatura “Regulación de Sistemas Eléctricos”. Universidad Carlos III de Madrid. Año 2012.